

## 明 細 書

## 火花点火機関及びその燃焼制御方法

## 技術分野

本発明は、火花点火機関及びその燃焼制御方法に係り、特に、機関の温度が低い暖機運転時等において、HC(未燃炭化水素)の外部への排出量を効果的に低減できるとともに、排気浄化用触媒を速やかに活性化することができるようにした火花点火機関及びその燃焼制御方法に関する。

## 背景技術

火花点火機関の始動時、特に、機関温度が低い場合(冷機時)には、噴射された燃料は低温の吸気通路壁面や吸気弁、燃焼室壁面、ピストン冠面等に衝突し、衝突した壁面上に大量の燃料液膜が形成される。低温壁面上の液膜は気化が悪いため燃焼が悪化し、排気中に多量のHC(未燃炭化水素)が排出されるおそれがある。また、冷機時には触媒が未活性であるため、触媒による排気の浄化効率が低く、排気が悪化(HC等の有害成分排出量が増加)する。

これを解決すべく、例えば、特開平11-294157号公報に見られるように、排気マニホールドに容積部を備えた筒内噴射式火花点火機関において、膨張行程中に燃焼室内に燃料を噴射し、排気マニホールドの容積部で排気を滞留させ、排気中のHCを燃焼させ、排気を昇温させることが知られている。

ところで、冷機時においては、できるだけ早く触媒コンバータを活性化温度に昇温したいため、触媒コンバータを排気温度の高い燃焼室近くに配置したいという要求がある。しかし、前記公報に記載されている機関のように、排気マニホールドに容積部を設けると、触媒コンバータを燃焼室に近づけることが困難となる。また、容積部の存在及び容積部内のガスの熱容量が大きくなることに起因して、機関始動直後では、排気温度が上がりにくくなるおそれがある。

さらに排気マニホールドの容積部によって排気干渉が起こり、機関の最大出力が低下するおそれもある。

かかる点に鑑み本発明は、機関の温度が低い暖機運転時等において、HCの外部への排出量を効果的に低減できるとともに、排気浄化用触媒を速やかに活性化することができ、さらには、煤の発生や回転変動、トルク変動等も抑えることができる火花点火機関及びその燃焼制御方法を提供することを目的とする。

## 発明の開示

前記目的を達成すべく、本発明に係る火花点火機関は、点火プラグによる点火時期を制御する燃焼制御手段と、排気通路内において排気流に乱れを生じさせる乱流生成手段と、を備え、前記燃焼制御手段は、機関の温度が所定温度より低い場合に、点火時期を圧縮行程上死点直前又はそれ以降とすることを特徴としている。

このように、機関の温度が低い暖機運転時等において、点火時期を通常運転時よりも遅い、圧縮行程上死点直前又はそれ以降とすると(例えば、通常運転時には上死点前 $30^{\circ}$  CA前後であるのに対し、暖機運転時には上死点前 $10^{\circ}$  CA以降とすると)、燃焼室内での熱発生が遅れるため、排気(排ガス)内に未燃HCや酸素、一酸化炭素などが多く含まれるが、排気通路内に排気流に乱れを生じさせる乱流生成手段を設けることで、これらのHCや酸素、一酸化炭素などの混合が促進され、排気通路内でHCの酸化(燃焼)が急速に進む。これにより、排気温度が上昇すると同時にHCを効果的に低減でき、さらに、排気が高温となることから、排気浄化用触媒コンバータを早期に活性化させることも可能となる。

好ましい態様では、さらに、燃料を燃焼室内で層状化する燃料層状化手段を備え、前記燃焼制御手段は、機関の温度が所定温度より低い場合に、前記燃料層状化手段により、燃焼室内において燃料を層状化させるようにされる。

また、他の好ましい態様では、燃焼室内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁を備え、前記燃焼制御手段は、機関の温度が所定温度より低い場合に、前記燃料噴射弁に、圧縮行程で燃料噴射を行わせるようにされる。

このように、圧縮行程で燃料噴射を行うとともに、燃焼室内において燃料を層状化させることにより、点火時期において、点火プラグ周りに、過濃な混合気が

形成され、点火プラグから離れた、燃焼室の外周部には、比較的希薄な混合気が形成される。このため、混合気は膨張行程と排気行程において、燃焼室内では完全には燃焼することなく、排気行程で、排気通路に多くのHC、一酸化炭素(CO)、水素(H<sub>2</sub>)、酸素(O<sub>2</sub>)等を含んだ排気が排出される。ここで、排気通路内には、乱流生成手段が設けられているため、排気通路内に排出されたHC、CO、H<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>の混合が促進され、HCの酸化反応(燃焼)が急速に進む。この結果、排気通路内の排気温度が上昇し、また、HC濃度が低下する。これにより、暖気運転時のHC濃度が下げられるとともに、高温の排気により触媒コンバータを、排気浄化効率の高い温度(活性化温度)にまで、早期に昇温できる。

一方、本発明に係る火花点火機関の他の好ましい態様は、点火プラグによる点火時期を制御する点火時期制御手段と、燃焼室内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁と、該燃料噴射弁による燃料噴射時期を制御する燃料噴射制御手段と、を備え、前記燃料噴射弁から噴射される燃料噴霧の点火プラグ方向のペネトレーションが、ピストン方向のペネトレーションよりも長くされ、機関温度が所定温度よりも低い場合に、前記燃料噴射制御手段は、前記燃料噴射弁に、理論空燃比近傍となるように圧縮行程の後半で燃料噴射を行わせ、前記点火時期制御手段は、点火時期を圧縮行程上死点直前又はそれ以降とするようにされる。

このように、ピストン側のペネトレーション(飛距離)を、点火プラグ側のペネトレーション(飛距離)より短くすることにより、ピストンへの液膜形成(燃料付着)を抑えつつ、点火プラグ周りに理論空燃比よりリッチな混合気を形成できる。これにより、ピストン液膜形成による煤(スモーク)の発生が抑制される。また、点火時期を相当遅角しても安定に燃焼できる。また、点火プラグ周りにリッチ混合気が集中するため、燃焼が遅く、排気通路内でHCが酸化燃焼する。これにより、排気温度が上昇し、HCが減少するとともに、触媒コンバータを速やかに活性化温度へ昇温させることができる。

さらに、本発明に係る他の好ましい態様の火花点火機関は、点火プラグによる点火時期を制御する点火時期制御手段と、燃焼室内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁と、該燃料噴射弁による燃料噴射時期を制御する燃料噴射制御

手段と、燃焼室内に順方向の縦渦を生成する縦渦生成手段と、を備え、機関温度が所定温度よりも低い場合に、前記縦渦生成手段は、燃焼室内に順方向の縦渦を生成し、前記燃料噴射制御手段は、前記燃料噴射弁に、理論空燃比近傍となるように圧縮行程の後半には燃料噴射を行わせ、前記点火時期制御手段は、点火時期を圧縮行程上死点直前又はそれ以降とするようにされる。

前記のように、燃焼室内に順方向の縦渦を生成することで、燃料のピストンへの付着が一層減少し、また、点火プラグ周りにリッチ混合気を集めやすくできる。これにより、煤の発生を抑えるとともに、点火時期をさらに遅角させることが可能となり、これによって、一層の排気温度上昇とHCの低減が可能となる。

また、さらに別の好ましい態様の火花点火機関は、点火プラグによる点火時期を制御する点火時期制御手段と、燃焼室内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁と、該燃料噴射弁による燃料噴射時期を制御する燃料噴射制御手段と、燃焼室内に順方向の縦渦を生成する縦渦生成手段と、を備え、前記燃料噴射弁から噴射される燃料噴霧の点火プラグ方向のペネトレーションが、ピストン方向のペネトレーションよりも長くされ、機関温度が所定温度よりも低い場合に、前記縦渦生成手段は、燃焼室内に順方向の縦渦を生成し、前記燃料噴射制御手段は、前記燃料噴射弁に、理論空燃比近傍となるように少なくとも圧縮行程の後半には燃料噴射を行わせ、前記点火時期制御手段は、点火時期を圧縮行程上死点直前又はそれ以降とするようにされる。

燃料噴霧に前記の如くの特定のペネトレーション形態を保たせるとともに、順方向の縦渦を生成することにより、それらの組み合わせによる相乗効果が得られ、ピストンへの燃料付着をさらに抑制でき、また、点火プラグ周りへのリッチ混合気形成も、より確実に行える。

より好ましい態様では、燃焼室内に生成する順方向の縦渦の強さを調節する縦渦調節手段と、機関の回転変動又はトルク変動の大きさを検出する変動検出手段と、を備え、前記回転変動又はトルク変動の大きさが所定値以下になるように、前記縦渦調節手段が前記縦渦の強さを調節するとともに、前記点火時期制御手段が点火時期を可及的に遅角させるようにされる。

このように、燃焼室内の縦渦の強さを、機関の回転変動又はトルク変動が所定

値以下になるように制御することで、より一層の点火時期の遅角化が可能となり、排気の昇温、HCの低減をより効率よく行える。

さらに、好ましい態様では、点火プラグによる点火時期を制御する点火時期制御手段と、燃焼室内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁と、該燃料噴射弁による燃料噴射時期を制御する燃料噴射制御手段と、前記燃料噴射弁に供給する燃料の圧力を調節する燃圧調節手段と、機関の回転変動又はトルク変動の大きさを検出する変動検出手段、を備え、機関温度が所定温度よりも低い場合に、前記燃料噴射制御手段は、前記燃料噴射弁に、理論空燃比近傍となるように少なくとも圧縮行程の後半には燃料噴射を行わせ、前記回転変動又はトルク変動の大きさが所定値以下になるように、前記燃圧調節手段が燃料圧力を調節するとともに、前記点火時期制御手段が点火時期を可及的に遅角させるようにされる。

このように、燃料の圧力を、機関の回転変動又はトルク変動が所定値以下になるように制御することで、より一層の点火時期の遅角化が可能となり、排気の昇温、HCの低減をより効率よく行える。

一方、本発明に係る火花点火機関の好ましい態様においては、前記のように、乱流生成手が備えられる。この乱流生成手段は、好ましくは、排気通路内に配在されて排気流に強制的に乱れを生じさせるとともに、その乱れを可及的に増大させるもので、例えば、排気通路を横切るように並設された複数の棒状体ないし板状体で構成されてもよいし、格子状体ないし蜘蛛の巣状体等で構成されてもよい。この場合、好ましくは、構成メンバの間隔が、排気通路中心部に比して内壁面側の方が狭くされる。

また、乱流生成手段としては、他に、排気通路内壁面から内方に向けて突出する複数個の突起物又は環状物、あるいは、排気通路内壁面に設けられた段差部で構成されていてもよいし、排気通路(排気マニホールド)とシリンダヘッドとの間に配在されるガスケットと一体化、あるいは、そのガスケットに挟持又は隣接配置されていてもよい。

図面の簡単な説明

図1は、本発明に係る火花点火機関の第1実施形態を示す概略構成図である。

図2は、図1に示される機関の燃焼室周りを示す透視斜視図である。

図3は、第1実施形態で使用される乱流生成具を示す排気通路断面図。

図4は、図3のA-A断面図である。

図5は、図3に示される乱流生成具の構成メンバの断面形状例を示す図である。

図6は、第1実施形態で使用される燃料噴射弁の一例を示す側面図である。

図7は、図6に示される燃料噴射弁の要部拡大図である。

図8は、図6に示される燃料噴射弁の拡大底面図である。

図9は、図6に示される燃料噴射弁における燃料噴霧の形状を示す側面図である。

図10は、図9のA-A断面図である。

図11は、第1実施形態で使用される燃料噴射弁の他の例を示す側面図である。

図12は、図11に示される燃料噴射弁の要部拡大図である。

図13は、図11に示される燃料噴射弁の拡大底面図である。

図14は、図11に示される燃料噴射弁における燃料噴霧の形状を示す側面図である。

図15は、図14のA-A断面図である。

図16は、第1実施形態で使用される燃料噴射弁の別の例を示す側面図である。

図17は、図16に示される燃料噴射弁の要部拡大図である。

図18は、図17のA-A断面における燃料の流れを示す図である。

図19は、図18のB-B断面での、燃料の旋回方向速度分布を示す図である。

図20は、図16に示される燃料噴射弁における燃料噴霧の形状を示す側面図である。

図21は、図20のA-A断面図である。

図22は、第1実施形態における機関始動直後の燃焼制御のフローチャートで

ある。

図23は、第1実施形態における暖機運転時での、吸気行程における空気流動を示す図である。

図24は、第1実施形態における暖機運転時での、圧縮行程(中期)における空気流動及び燃料噴霧形態を示す図である。

図25は、第1実施形態における暖機運転時での、圧縮行程(後期)における混合気の挙動を示す図である。

図26は、第1実施形態における暖機運転時での、点火時期における混合気の挙動を示す図である。

図27は、第1実施形態における暖機運転時での、排気行程における排ガス流動を示す図である。

図28は、乱流生成具が設けられた排気通路内の排気流の乱れについての説明に供される図である。

図29は、第1実施形態における暖機運転時の、タンブル生成弁の開度に対する、機関回転変動率の関係を示す図である。

図30は、タンブル生成弁の開度の定義の説明に供される図である。

図31は、暖機運転時において、タンブル生成弁の開度が過度に小さく、燃焼室内の順タンブル流が強すぎる場合の、燃焼室内の圧縮行程後期での混合気挙動を示す図である。

図32は、暖機運転時において、タンブル生成弁の開度が過度に小さく、燃焼室内の順タンブル流が強すぎる場合の、燃焼室内の点火時期での混合気挙動を示す図である。

図33は、暖機運転時において、タンブル生成弁の開度が過度に大きく、燃焼室内の順タンブル流が弱すぎる場合の、燃焼室内の圧縮行程後期での混合気挙動を示す図である。

図34は、暖機運転時において、タンブル生成弁の開度が過度に大きく、燃焼室内の順タンブル流が弱すぎる場合の、燃焼室内の点火時期での混合気挙動を示す図である。

図35は、第1実施形態における暖機運転時の点火時期制御の手順を示した

フローチャートである。

図36は、第1実施形態における暖機運転時での、タンプル生成弁開度の最適化制御のフローチャートである。

図37は、第1実施形態における暖機運転時の点火時期制御の他の手順を示したフローチャートである。

図38は、第1実施形態における暖機運転時の燃圧の最適化制御のフローチャートである。

図39は、本発明に係る火花点火機関の第2実施形態の概略構成図である。

図40は、図39に示される機関の燃焼室周りの構成を示す概略平面図である。

。

図41は、第2実施形態における機関始動直後の燃焼制御のフローチャートである。

図42は、第2実施形態の吸気行程における燃焼室内の空気、燃料挙動を示す図である。

図43は、第2実施形態の圧縮行程における燃焼室内の空気、燃料挙動を示す図である。

図44は、第2実施形態の点火時期における燃焼室内の空気、燃料挙動を示す図である。

図45は、第2実施形態の排気行程における排気挙動を示す図である。

図46は、本発明の機関で使用される乱流生成具の一例を示す図。

図47は、本発明の機関で使用される乱流生成具の他の例を示す図。

図48は、本発明の機関で使用される乱流生成具の他の例を示す図。

図49は、本発明の機関で使用される乱流生成具の他の例を示す図。

図50は、本発明の機関で使用される乱流生成具の他の例を示す図。

図51は、図50のA-A断面図。

図52は、本発明の機関で使用される乱流生成具の他の例を示す図。

図53は、図52のA-A断面図。

図54は、本発明の機関で使用される乱流生成具の他の例を示す図。

図55は、本発明の機関で使用される乱流生成具の他の例を示す図。



図56は、排気通路における乱流生成具が配備されている部分を示す断面図。

図57は、二重管構造の排気通路を示す断面図。

図58は、本発明の機関で使用される乱流生成具の他の例を示す断面図。

図59は、図58の乱流生成具の側面図。

図60は、本発明の機関で使用される乱流生成具をガスケットと一体にした例を示す図。

図61は、本発明の機関で使用されるガスケットを示す図。

図62は、乱流生成具が組み込まれた板状構造体を示す図

図63は、図62の板状構造体を図61のガスケット間に挿入して取り付けた状態を示す図。

図64は、乱流生成具の構成メンバの幅の定義の説明に供される排気通路断面図である。

図65は、乱流生成具を設けた排気通路内のコンピュータシミュレーション結果であり、排気の流速ベクトル図である。

図66は、乱流生成具を設けた排気通路内のコンピュータシミュレーション結果であり、非燃焼時のHC濃度等高線図である。

図67は、乱流生成具を設けた排気通路内のコンピュータシミュレーション結果であり、燃焼時のHC濃度等高線図である。

図68は、実機台上試験による排気通路内のHC濃度の計測結果である。

図69は、筒内噴射式火花点火機関の台上試験で用いた燃料噴霧の縦断層写真である。

図70は、本発明に係る筒内噴射式火花点火機関における暖機運転時での、HC濃度の実機計測結果であり、燃料の噴射時期から点火時期までの時間間隔と、HC濃度との相関を示す図である。

図71は、本発明に係る筒内噴射式火花点火機関における暖機運転時での、スモーク濃度の実機計測結果であり、燃料の噴射時期から点火時期までの時間間隔と、スモーク濃度との相関を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明を実施するための幾つかの実施形態を図面を参照しながら説明する。

[第1実施形態]

図1は、本発明に係る筒内噴射式火花点火機関の第1実施形態の全体構成図であり、図2は、図1に示される機関の燃焼室周りを示す透視斜視図である。

図1及び図2に示される筒内噴射式火花点火機関1Aは、シリンダヘッド26と、シリンダブロック17と、シリンダブロック17に摺動自在に嵌挿されたピストン7と、により燃焼室25が画成されている。ピストン7の冠面には、断面円弧状の底面(円筒面)18aと三日月ないし半月状の側面18bを持つ凹溝18が設けられている。

燃焼室25には、それぞれ2本ずつ吸気通路15(の吸気ポート15a)と排気通路16(の排気ポート16a)が開口している。各吸気通路15及び排気通路16の吸気ポート15a及び排気ポート16aには、それらを開閉すべく、それぞれ吸気弁13及び排気弁14が配在されている。

燃焼室25の吸気ポート15a側には、燃料噴射弁5が臨設され、燃料噴射弁5から燃焼室25内に直接燃料が噴射供給されるようになっている。燃料噴射弁5は、前記2つの吸気ポート15a間に配在され、燃焼室25の中心軸に対して傾いて取り付けられている。燃焼室25の中心軸と燃料噴射弁5の中心軸がなす角度は、例えば、 $50^{\circ}$  から  $70^{\circ}$  である。燃料噴射弁5には、燃料タンク27と燃料ポンプ23とが、それぞれ燃料配管24によって接続されている。燃料ポンプ23は、燃焼室25内の圧力が高い場合でも、燃料噴射弁5から十分に微粒化された燃料を噴射するため、燃料タンク27から供給される燃料を加圧する。このときの燃料圧力は、例えば3~12MPaであり、燃料噴射弁5から噴射される燃料噴霧のザウタ平均直径は、例えば15~30  $\mu\text{m}$  である。

燃料ポンプ23によって加圧される燃料の圧力は、機関制御ユニット(ECU)6からの燃圧制御信号43により、例えば3~12MPaの範囲で任意に調圧可能とされる。

また、燃焼室25の天井部中央には、点火プラグ4が設けられ、その電極部4E

が燃焼室25内部に突き出している。点火プラグ4の電極4Eの構造は沿面電極タイプ又はセミ沿面タイプが耐汚損性の高さから望ましい。沿面電極、セミ沿面電極の点火プラグ構造については既に広く公知であるため、ここではその詳細説明は割愛する。

点火プラグ4は、図示しない点火コイルにより電気エネルギーが供給され、電極4Eにより放電し、混合気の点火を行うものであるが、このとき点火プラグ4には、できるだけ高い電気エネルギーを供給することが、リッチな混合気の安定着火と、電極4Eの耐汚損性の高さから望ましい。点火プラグ4に供給する電気エネルギーは、例えば70~110mJである。

また、点火コイルから点火プラグ4に供給する電気エネルギーが、複数回に分割されるものでもよい。例えば、トータル100mJの電気エネルギーを2回に分割し、1回目で30mJの電気エネルギーを放電し、2回目で残り70mJの電気エネルギーを放電するものである。1回目と2回目の放電時間間隔は、例えば1msである。

排気通路16の下流部には、図示はしていないが、触媒コンバータが設けられている。触媒コンバータとしては、三元触媒コンバータ、NO<sub>x</sub>吸着触媒コンバータ、HC吸着触媒コンバータ等を用いることができる。また、種類の異なる複数の触媒コンバータを組み合わせ使用してもよい。また、1つの触媒コンバータで、これら複数の触媒コンバータの機能を複合しているもの(ハイブリッド触媒コンバータ)でもよい。

排気通路16の壁面への熱伝導によって、排気温度が低下しないように、排気通路16を、例えば二重管構造にすること、薄肉化すること等が望ましい。

二重管構造の排気通路は、図57に示される如くに、内側の管16i(排気通路)の外側に、空気層LYを挟んで、さらに管壁16oを設けた構造であり、空気層LYによって、断熱効果が高く、排気温度が低下しにくい。また、二重管の間の空気層を真空層にすることで、空気の対流熱伝導が無くなるため、さらに断熱効果が高くなる。

また、薄肉化した排気通路は、通常の排気通路に比べ、排気通路の熱容量を下げて、排気の熱によって容易に温度が上がるようにしたものである。いずれに

しても、排気通路の温度を昇温することで、排気温度の低下を抑えることができる。

また、吸気通路15の上流部には、図示はしていないが、スロットル弁が設けられており、このスロットル弁の開度により、燃焼室25内に充填される空気量が制御される。また、前記スロットル弁は、電子制御スロットル弁であり、該スロットル弁の開度は、ECU6からのスロットル弁開度信号36によって調整される。

吸気通路15内には、吸気行程において燃焼室25内に順方向の縦渦19(以下、順タンブル流)を生成するための、吸気通路15の下半分を開閉するタンブル生成弁12が設けられている。このタンブル生成弁12は、その弁軸22に直結された駆動モータ21により回動せしめられるようになっており、その開度は、ECU6から駆動モータ21に供給されるタンブル生成弁開度信号35により調整される。タンブル生成弁12が全閉状態(吸気通路15の下半分を完全に塞いだ状態)のとき、燃焼室25内に最も強い順タンブル流が生成され、この全閉状態からタンブル生成弁12を略90度回転させた状態(空気の流れ方向と平行)にすると、燃焼室25内の順タンブル流が最も弱くなる。

ECU6には、一定クランク角毎(例えば30° CA毎)にパルス信号を出力する、回転角センサ37からの回転角信号38と、720° CA毎にパルス信号を出力する、基準位置センサ40からの基準位置信号41と、が入力される。ECU6は、これら回転角信号38と基準位置信号41から機関回転速度Neと、基準クランク位置を検知する。

そして、本実施形態においては、排気通路16内(排気マニホールド内)に、排気流に乱れを生じさせるとともに、その乱れを増大させる乱流生成具50が設けられている。乱流生成具50は、後述する暖機運転時において、燃焼室25から排出される排気温度が十分に高い位置に取り付けることが望ましく、その位置は、排気通路16の最上流部(排気ポート16a)から下流方向に、概ね500mm以内である。また、後述する暖機運転時における、乱流生成具50の取り付け位置の排気温度は、概ね600℃以上である。

次に、本実施形態で用いられる乱流生成具50の一例(50A)の構成について、図3～図5を参照しながら説明する。

図3は、乱流生成具50Aが設けられた排気通路16部分の断面を示している。また、図4は、図3のA-A断面を示している。

図示の乱流生成具50Aは、排気流れ方向に直交するように(妨げるように)等間隔で平行に並設された複数本の棒状材50aからなっている。

前記棒状材50aの断面形状としては、図5(A)～(E)に示される如くに、円形、正方形、長方形、三角形等、いずれでもよく、また、異なる断面形状の棒状材50a(又は板状材)を組み合わせて用いてもよい。

乱流生成具50Aは、高温の排気に曝されるため、例えば純鉄、炭素鋼、ステンレス、セラミックなど、融点が1500℃以上の材料で形成されることが望ましい。

次に、本実施形態で使用される燃料噴射弁5(5A、5B、5C)及びそれから噴射される燃料の噴霧について説明する。

図6に全体が示されている燃料噴射弁5の一例(5A)は、図7に要部(図6の破線で囲まれた領域X)の断面が、さらに、図8に要部の底面が示されているように、その先端側に噴口部28を有し、この噴口部28は、円錐弁29と、円錐弁29に接続されたプランジャ30と、噴霧に旋回力を与えるスワラー31と、噴射口32と、軸方向溝33と、径方向溝34と、を備えている。噴口部28の先端に設けられた噴射口32は左右対称ではなく、その一部に切欠き32aが設けられている。図示の例では、切欠き32aは、180°の範囲で設けられている。

円錐弁29が開くと、軸方向溝33、径方向溝34に燃料が流れ、スワラー31によって、旋回力が与えられた燃料が、噴射口32から噴射される。噴射口には切欠き32aが設けられているため、図1に示される如くに、点火プラグ4に向かうリード噴霧20Lとピストン7に向かう主噴霧20Mとが形成される。

ここで、図8において、矢印IGN-P方向が点火プラグ4側であり、矢印PSTN方向がピストン7側である。即ち、噴射口32の切欠き32aが点火プラグ4側を向くように、燃料噴射弁5を設置することにより、リード噴霧20Lが点火プラグ4に向い、主噴霧20Mがピストン7に向かうようにされる。

これを、図9、図10(図9のA-A断面図)を参照しながら詳しく説明するに、燃料噴射弁5の噴射口32から噴射される燃料噴霧の形状は、噴射口に切欠き32aが設けられているため、左右対称ではないものである。燃料噴射弁5の中心線

に対するリード噴霧20Lの噴霧角 $\theta 1$ は、例えば $30^\circ$ に、また、主噴霧20Mの噴霧角 $\theta 2$ は、例えば $20^\circ$ に設定される。

また、燃料噴霧の断面形状は、噴射口32に設けられた切欠き32aにより、噴霧の一部に隙間20Aのある形状となる。また、点火プラグ4に向かうリード噴霧20Lの流量密度は、主噴霧20Mより高くなる。そのため、リード噴霧20Lのペネトレーション(飛距離)L1は主噴霧20Mのペネトレーション(飛距離)L2に比べ長くなる。主噴霧20MのペネトレーションL2に対するリード噴霧20LのペネトレーションL1の比 $L1/L2$ は、ここでは、1.3~1.5である。

なお、リード噴霧20Lの噴霧角 $\theta 1$ や、主噴霧20Mの噴霧角 $\theta 2$ は、噴射口32に設けた切欠き32aの形状によって種々変更することが可能である。

図11は、燃料噴射弁5の他の例(5B)の側面を、また、図12は、その要部(図11の破線で囲まれた領域X)の断面が、さらに、図13に要部の底面が示されているように、燃料噴射弁5Bの噴口部28は、リード噴霧20Lを生成する燃料噴射口32Cと、主噴霧20Mを生成する燃料噴射口32Dを有する構造となっている。燃料噴射口32Cは、燃料噴射弁を機関に取り付けたときに、リード噴霧20Lが点火プラグ電極を指向するように、燃料噴射弁5Bの中心軸に対して角度 $\theta 8$ だけ傾けて形成されている。

また、図13に示すように、燃料噴射口32Cは、径が燃料噴射口32Dより大きく形成されている。さらに、燃料噴射口32Dは径が小さく、運転に必要な燃料量を噴射するために噴口を複数設けると共に、配置する位置を分散させて主噴霧20Mの噴霧密度が小さくなるようにしている。

図14は、前記燃料噴射弁5Bから噴射される燃料噴霧の形状を示す側面図、図15は、図14のA-A断面図である。

図示のように、燃料噴射弁5Bの燃料噴射口32Dから噴射される主噴霧20Mの形状は、周方向に均一な形状である。また、燃料噴射弁5Bの噴射口32Cからは、高圧のリード噴霧20Lが噴射される。主噴霧20Mとリード噴霧20L間の角度 $\theta 10$ は、例えば $0 \sim 10^\circ$ となるものである。

噴射口32Cから噴射されるリード噴霧20Lの噴霧密度は、噴射口32Dから噴射されるリード噴霧20Mの噴霧密度に比べ高いため、リード噴霧20Lのペネトレ

ーションL1は主噴霧20MのペネトレーションL2に比べ長くなる。主噴霧20MのペネトレーションL2に対するリード噴霧20LのペネトレーションL1の比 $L1/L2$ は、例えば1.3~1.5である。

図16に全体が示されている燃料噴射弁5の他の別の例(5C)は、図17に要部(図16の破線で囲まれた領域X)の断面が示されているように、燃料噴射弁5Cの噴口部28は、円錐弁29と、円錐弁29に接続されたプランジャ30と、噴霧に旋回力を与えるスワラー31と、噴射口32と、軸方向溝33と、径方向溝34とを備えている。本例においては、噴口部28の先端に設けられた噴射口32の軸方向は、燃料噴射弁5Cの中心軸に対して $\theta 5$ の角度だけ偏向している。噴口32は、燃料噴射弁5Cを機関に取り付けたときに、点火プラグ4側に偏向するように、偏向方向が決められている。

円錐弁29が開くと、軸方向溝33、径方向溝34に燃料が流れ、旋回力が与えられた燃料が、噴射口32から噴射される。噴射口32が噴射弁5の中心軸に対して偏向しているため、噴霧の形状は、噴射弁5Cの中心軸に対して非対称となる。

図18は、図17に示される燃料噴射弁5Cの噴射口32のA-A断面における燃料の流れを示している。前述したように、燃料はスワラー31によって旋回力を与えられるため、噴射口32の内部で燃料は旋回する。噴射口32が燃料噴射弁5の中心軸に対して偏向しているため、噴射口32内での燃料の旋回中心SCは、噴射口32の中心から、PSTN側へ、ずれた位置になる。

図19は、図18におけるA-A断面での、燃料の旋回方向速度分布を示している。噴射口燃料の旋回中心SCが、燃料噴射弁5の中心軸からずれるため、IGN-P側での燃料の旋回方向速度は、PSTN側での燃料の旋回方向速度よりも遅くなる。

図20は、燃料噴射弁5Cから噴射される燃料噴霧の形状を示す側面図、図21は、図20のA-A断面図である。噴射口32が、燃料噴射弁5の中心軸に対して偏向しているため、燃料の噴射方向は、噴射口32の偏向方向に曲がったものとなる。また、偏向側(IGN-P側)のペネトレーションL1は、その反対側(PSTN側)のペネトレーションL2に比べ長くなる。これは、以下の理由による。

図19に示したように、IGN-P側の旋回方向速度が、PSTN側の旋回方向速度より遅いため、噴射口32内の燃料に働く遠心力は、IGN-P側が、PSTN側に比べ弱い。従って、噴射口32直下で形成される液膜厚さは、IGN-P側で厚く、PSTN側で薄くなる。これにより、IGN-P側の液膜の微粒化が、PSTN側の微粒化に比べて悪く、IGN-P側の粒径が、PSTN側の粒径に比べて大きくなる。このため、本燃料噴射弁5Cから噴射される噴霧は、ペネトレーションの長いリード噴霧20LがIGN-P側に形成され、ペネトレーションの短い主噴霧20MがPSTN側に形成される。

なお、本発明の実施形態における燃料噴射弁の種々の構成について、説明したが、本発明の実施形態における燃料噴射弁5(5A、5B、5C)では、燃料噴射弁内の弁体のバウンスングによる二次噴射が、できるだけ発生しないことが望ましい。すなわち、ECUからの噴射信号に伴い、燃料噴射弁内の弁体(例えば円錐弁)が所定時間開き、燃料が噴射されるのであるが、噴射の所定時間が経過して燃料噴射弁内の弁体が閉じた直後に、弁体が跳ね返って(バウンスング)、余剰の燃料が噴射される(二次噴射)ことがある。この二次噴射で噴射される燃料は、一般に粒径が大きいため、貫徹力が強く、また気化が悪いため、ピストンの冠面などに付着し、煤(スモーク)、HCの発生原因になる。

そこで、例えば特開2001-3840号公報に記載されているように、燃料噴射弁のノズルとプランジャ間に緩衝器を形成することで、弁体のバウンスングを抑制し、二次噴射の発生を防止することが望ましい。

次に、本実施形態における火花点火機関における機関始動直後の暖機運転での動作について説明する。

まず、暖機運転制御全体の流れを示す。

図22は、本実施形態における火花点火機関における機関始動直後の燃焼制御のフローチャートを示す。機関1Aが図示しないスターターによって起動されると、図1に示す水温センサ8によって、機関の冷却水2の温度が検出され、冷却水温度信号9がECU6に入力される(301)。ECU6は、水温センサ8によって検出された機関冷却水2の温度 $T_w$ と、予め設定された基準温度 $T_c$ との比較を行い(302)、冷却水温 $T_w$ が基準温度 $T_c$ より低い場合に、後述する機関の暖



機運転制御を行う。また、冷却水温 $T_w$ が基準温度 $T_c$ より高い場合には、非暖機運転制御を行う(307)。ここで、非暖機運転制御307とは、例えば、機関の燃費効率が最も高くなるように、燃料の噴射時期、点火時期、タンブル生成弁の開度が設定される運転制御を指す。また、非暖機運転制御307とは、例えば三元触媒コンバータでのHC、CO、NO<sub>x</sub>の浄化効率を最も高くするように、空燃比を理論空燃比( $A/F=14.7$ )に設定する運転制御を指す。また、非暖機運転制御307とは、例えば機関の要求トルクが高いときに、ノッキングを防止するために、空燃比を若干リッチ( $A/F=11\sim12$ )に設定する運転制御を指す。

冷却水温 $T_w$ が基準温度 $T_c$ より低く、暖機運転制御が選択された場合は、ECU6から図示しないスロットル弁に開度信号を送り、スロットル弁開度がECUから指定された角度に設定される(303)。このときのスロットル弁開度は、燃焼室内25の空燃比を14~17に設定し、かつ、点火時期を $-10\sim30^\circ$  ATDCに設定した状態で、暖機運転に必要な機関出力と回転数(機関出力は、図示平均有効圧で、例えば200~250kPa、機関回転数は、例えば1000~2000rpm)を保つのに必要な空気量を、燃焼室25内に充填できる開度として設定される。このときの空気量は、例えば、体積効率で50%程度である。次に、ECU6からタンブル生成弁駆動モータ21へタンブル生成弁開度信号35が送られ、タンブル生成弁12が予め決められた所定の開度に設定される(304)。タンブル生成弁の角度は、暖機運転時に機関の回転変動が所定の回転変動より小さくなる位置として、予め予備試験等で決められるものである。例えば、タンブル生成弁12の開度は、図1に示すように全閉である。即ち、吸気通路15の断面下部がタンブル生成弁12によって完全に閉塞された状態である。さらに、圧縮行程の後半で、燃焼室25内の空燃比が14~17になるように、ECU6から燃料噴射弁5へ、燃料噴射信号11が送られ、燃料噴射弁5から燃焼室25内に向けて燃料が噴射される(305)。燃料噴射弁5から燃料噴射を始める時期は例えば圧縮上死点前 $80\sim50^\circ$  CAである。また、燃料噴射弁5からの燃料噴射期間は、例えば1.5~2.5msである。また、燃料の圧力は例えば3~11MPaである。燃料噴射に引き続いて、ECU6から点火プラグ4へ点火信号10が送られ、 $-10\sim30^\circ$  ATDCの範囲で、点火プラグ4により点火される(306)。なお、燃料の噴射開始か

ら点火までの時間間隔は、9ms以上とすることが望ましい。従って、例えば機関回転数が1200rpmにおいて、燃料の噴射開始時期が圧縮上死点前70° CAの場合には、点火時期は-5° ATDC以降であることが望ましい。

次に、本実施形態における火花点火機関1Aにおける暖機運転時での燃焼室内での燃料噴霧、混合気の挙動について説明する。

本実施形態における火花点火機関1Aにおける、暖機運転時での、吸気行程においては、図23に示すように、吸気通路15内のタンブル生成弁12が閉じられているために、吸気通路15内では、空気は吸気通路15の上部に沿って流れる。また、吸気通路15内のタンブル生成弁12が閉じられているために、吸気通路15の断面積が小さくなり、吸気通路15内を流れる空気流速は、タンブル生成弁12が開いている場合に比べ、速くなる。吸気通路15の上部を沿って高速に流れる空気は、吸気弁13の開口部を通して、燃焼室25内へ流入し、図23に示すように燃焼室25内に順タンブル流19を生成する。このときの順タンブル流の強さは、例えば、タンブル比(タンブルの平均角速度/クランク角の角速度)で、2~4である。

吸気行程に続く圧縮行程では、吸気弁13が閉じられ、ピストン7が上死点に向かって上昇する。ピストン7の上昇に伴い燃焼室25内の容積が小さくなり、燃焼室25の形状が扁平になってくるが、ピストン7の冠面に設けられた凹溝18によって、圧縮行程の後半においても燃焼室25内の順タンブル流19は崩壊することなく保たれる。

図24に示すように、圧縮行程の後半で、ECU6から燃料噴射弁5へ噴射信号11が送られ、燃料噴射弁5から燃焼室25内へ燃料が噴射される。このときの燃料噴射量は、燃焼室25内の平均空燃比が14~17程度となるように噴射期間、燃料圧力が調整される。燃料の噴射開始時期は、例えば圧縮上死点前80~50° CAであり、噴射期間は、例えば、1.5~2.5msである。また、燃料の圧力は例えば3~11MPaである。

図24に示すように、本実施形態において、燃料噴射弁5より噴射される燃料噴霧は、前述したように、点火プラグ4側に向かうリード噴霧20Lと、ピストン7側に向かう主噴霧20Mから構成される。また、前述したように、リード噴霧20Lのペ

ネトレーションは、主噴霧20Mのペネトレーションに比べ長い。点火プラグ4を指向するリード噴霧20Lは、燃焼室25内の順タンブル流19の流れ方向と噴霧の進行方向がほぼ一致している。噴射直後のリード噴霧20Lの速度は、例えば60～80m/sである。これに対して、同時期における順タンブル流19の流速は、例えば、機関回転数が1200rpmのときに10～20m/sである。即ち、リード噴霧20Lの速度は、順タンブル流19の空気流速よりも大幅に速い。このため、燃焼室25の上部の空気はリード噴霧20Lによって吸気側から排気側に向かって加速せられる。

図25に示すように、リード噴霧20Lによって加速された空気は、リード噴霧20Lの気化によってリッチな混合気となり、燃焼室25上部を通過して燃焼室25の排気側壁面で折り返し、ピストン7の表面に沿って、燃焼室25中心方向に向かう混合気流れMF1となる。

一方、図24に示すように、ピストン7の方向を指向する主噴霧20Mは、ピストン7の冠面の凹溝18に沿って流れる順タンブル流19の方向と、進行方向が相対している。また、主噴霧20Mのペネトレーションはリード噴霧20Lのペネトレーションに比べ短く、貫徹力が弱い。このため、主噴霧20Mはピストン7の冠面の凹溝18に沿って流れる順タンブル流19と衝突し、お互いの運動量が急速に失われる。噴射直後の主噴霧20Mの速度は、例えば40～60m/sであり、順タンブル流19の空気流速の10～20m/sに比べて速い。このため、図25に示すように、主噴霧20Mの貫徹力によりピストン4の表面の空気は流れの方向を変え、主噴霧20Mの気化によってリッチな混合気を形成しつつ、吸気側から燃焼室25の中心に向かう混合気流れMF2となる。なお、主噴霧20Mは、前述のように、ピストン7の冠面に向かって噴射されるが、燃焼室4内のタンブル流19の方向と相対しているため、主噴霧20Mの速度は、噴射後速やかに低下する。また、主噴霧20Mとタンブル流19間で大きな速度差が生じるため、主噴霧20Mは速やかに気化し、ピストン7の冠面には燃料液膜が生成されにくい。

図25に示すように、ピストン7冠面の凹溝19の中央付近、即ち点火プラグ電極4Eの下部で、リード噴霧の貫徹力によって排気側から燃焼室中心に向けて流れる混合気流れMF1と、主噴霧の貫徹力によって吸気側から燃焼室中心に向

けて流れる混合気流MF2とが衝突し、ピストン7の冠面から点火プラグ電極4Eに向かってリッチな混合気が上昇する。

図26に示すように、圧縮上死点付近では、相対する方向からの混合気流MF1とMF2が衝突することで運動量を失うこと、及び、ピストン7の上昇に伴う燃焼室25内のガス圧力の上昇により、混合気の動きは緩慢となり、リッチな混合気Mが点火プラグ電極4E周りに停滞する。

このときの点火プラグ電極4E周りの空燃比は、例えば $A/F=5\sim 10$ と非常に過濃な混合気となっている。

引き続き、上死点近傍もしくは上死点以降で、ECU6からの点火信号に基づき、点火プラグ4により燃焼室25内の混合気が点火される。

図26に示すように、燃焼室25内では、点火時期において、点火プラグ電極4E周りに、過濃な混合気が形成され、点火プラグ電極4Eから離れた、燃焼室25の外周部は、比較的希薄な混合気が形成されている。このため、混合気は膨張行程と排気行程の燃焼室25内において、完全燃焼することなく、図27に示すように、排気行程で、排気通路16内に多くのHC、CO、H<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>等が排出される。

排気通路16内には、乱流生成具50Aが設けられているため、図28に示すように、乱流生成具50Aの直後で排気流れが剥離し、乱流渦(カルマン渦)EDが形成される。乱流渦内では、排気通路16内に排出されたHC、CO、H<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>の混合が促進され、HCの酸化反応が急速に進む。この結果、排気通路16内の排気温度が上昇し、またHC濃度が低下する。これにより、機関暖機時のHC濃度が下げられると共に、高温の排気により排気通路16の下部に設けた、触媒コンバータを、排気浄化効率の高い温度にまで、早期に昇温できる。

なお、本実施形態において、圧縮行程の後半で空燃比が14~17となるように、燃料を噴射している。従来、圧縮行程後半で理論混合比近傍となるように、燃料を噴射すると、煤(スモーク)の量が増大するという問題があった。しかし、本実施形態においては、貫徹力の強いリード噴霧と貫徹力の弱い主噴霧から構成される噴霧を用い、さらに燃焼室内に順タンブル流を生成しているため、前述したように、ピストン側に向かう主噴霧のピストン冠面への衝突による、燃料液膜(付着)が形成されにくい。また、リード噴霧は、点火プラグ方向を指向し、壁面付着

することなく気化し、燃焼室内の空気と混合する。このように、本実施形態においては、燃料の壁面付着が少なく、従って燃料液膜の形成が起こりにくいため、圧縮行程後半で理論空燃比近傍となるように燃料を噴射しても、煤の発生を抑えることが可能である。これによって、排気通路内に多くのHC、CO、O<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>を排出し、乱流生成具50Aによる燃焼促進効果と相まって、排気通路内でのHCの酸化反応による、HCの減少と、排気温度の上昇、触媒の活性化が効率よく行われる。

次に、本実施形態における他の燃焼制御方法を説明するが、その前に、火花点火機関の暖機制御の目的について説明する。

前述した暖機運転時における燃焼制御では、燃焼室25内に順タンブル流を生成するための、タンブル生成弁12は、ECU6によって、予め定められた開度設定される。このタンブル生成弁12の開度は、予備試験等で、暖機運転時に機関の回転変動やトルク変動が所定の値以下になるものとして定められものである。

暖機運転時では、排気通路16内でのHC燃焼を増やして排気温度を上げ、かつ、煤の生成を抑えるため、点火時期をできるだけ遅角するのが望ましい。しかし、点火時期を過度に遅角化すると、燃焼が悪化し、機関の回転変動、トルク変動が大きくなることが一般に知られている。そこで、点火時期をできるだけ遅角させるためには、点火時期において、一定濃度の混合気を確実に点火プラグ周りに集中させ、点火遅角しても、確実に点火プラグにより点火できるようにすることが必要である。

図29は、火花点火機関1Aにおける暖機運転時での、タンブル生成弁12の開度 $\theta_T$ に対する、機関回転変動率 $\sigma_N$ の関係を示す一例である。

ここでタンブル生成弁12の開度 $\theta_T$ は、図30に示すように、タンブル生成弁12の全閉状態を基準(0°)としたときの開度で定義される。

また、機関回転変動率 $\sigma_N$ は、下記の式1、式2に示すように、平均機関回転数 $\bar{N}_e$ に対する標準偏差として定義される。式1、式2におけるnは、機関回転数のサンプリング点数である。前述したように、機関回転数 $N_e$ は、ECU6に入力される回転角センサ37からの回転角信号38と、基準位置センサ40からの基準位

置信号41により、ECU6によって検知される。機関回転数 $Ne$ は、例えばクランク軸が1回転する毎(1サイクル毎)に100サイクル分( $n=100$ )検知され、この100サイクル分の回転数データから式1、式2を使って、ECU6によって、機関の回転変動率 $\sigma_N$ が算出される。

式1

$$\sigma_N = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Ne_i - \bar{Ne})^2}{n}}$$

式2

$$\bar{Ne} = \frac{\sum_{i=1}^n Ne_i}{n}$$

図29に示すように、タンブル生成弁の開度 $\theta_T$ と、機関の回転変動率 $\sigma_N$ には、相関があり、タンブル生成弁の開度 $\theta_T$ を最適に設定することにより、機関の回転変動率 $\sigma_N$ を最小にでき、点火遅角をより大きくすることが可能となる。

図31、図32は、暖機運転時において、タンブル生成弁の開度 $\theta_T$ が過度に小さく、燃焼室25内の順タンブル流が強すぎる場合の、燃焼室25内の混合気挙動を示す。

燃焼室25内の順タンブル流が、最適なタンブル流よりも強いと、リード噴霧の噴射方向と順タンブル流の方向が等しく、リード噴霧の貫徹力によって排気側から燃焼室中心に向けて流れる混合気流MF1がより強くなる。一方、主噴霧と順タンブル流が相対し、主噴霧の貫徹力によって吸気側から燃焼室中心に向けて流れる混合気流MF2がより弱くなる。この結果、図31に示すように、混合気流MF1と、混合気流MF2の衝突位置が、点火プラグ電極4Eの位置より、吸気側となる。この結果、図32に示すように、リッチ混合気Mは、点火プラグ電極4Eの吸気側へ滞留し、点火プラグ電極部4Eの混合気濃度が薄くなり、混合気への着火性が悪くなり、機関の回転変動、トルク変動が増大する。

図33、図34は、暖機運転時において、タンブル生成弁の開度  $\theta_T$  が過度に大きく、燃焼室25内の順タンブル流が弱すぎる場合の、燃焼室25内の混合気挙動を示す。

燃焼室25内の順タンブル流が、最適な順タンブル流よりも弱いと、リード噴霧の噴射方向と順タンブル流の方向が等しく、リード噴霧の貫徹力によって排気側から燃焼室中心に向けて流れる混合気流MF1がより弱くなる。一方、主噴霧と順タンブル流が相対し、主噴霧の貫徹力によって吸気側から燃焼室中心に向けて流れる混合気流MF2がより強くなる。この結果、図33に示すように、混合気流MF1と、混合気流MF2の衝突位置が、点火プラグ電極4Eの位置より、排気側となる。この結果、図34に示すように、リッチ混合気Mは、点火プラグ電極4Eの排気側へ滞留し、点火プラグ電極部4Eの混合気濃度が薄くなり、点火プラグによる混合気の着火性能が悪化し、機関の回転変動、トルク変動が増大する。

すなわち、暖機運転時において、機関の回転変動、トルク変動を抑え、点火時期をより遅角するためには、タンブル生成弁12の開度  $\theta_T$  を、最適開度に設定することが必要である。

そこで、暖機運転時においては、点火時期及びタンブル生成弁の最適制御を行う。

図35は、暖機運転時の点火時期最適制御の手順を示したフローチャートである。

まず、ECUは点火時期を  $\theta_{IGN}^0$  に設定する(100)。 $\theta_{IGN}^0$  は点火時期の初期値であり、予備試験等により、機関の回転変動、トルク変動が小さく、確実に機関の燃焼を持続できる点火時期が設定される。 $\theta_{IGN}^0$  は、例えば、圧縮行程上死点前10° CAである。

次に、後述するタンブル生成弁開度  $\theta_T$  の最適化制御が行われ、タンブル生成弁開度  $\theta_T$  が、機関の回転変動、トルク変動が最も小さくなるように、タンブル生成弁開度  $\theta_T$  が設定される(101)。

引き続いて、前記した式1、式2により機関回転変動率  $\sigma_N$  が計算される(102)。

そして、計算された機関回転変動率  $\sigma_N$  が、予め設定された機関回転変動率

の閾値  $\sigma_{NC}$  と比較される(103)。機関回転変動率の閾値  $\sigma_{NC}$  は、例えば、暖機運転時において、車両の乗員が許容可能な、機関回転変動率の上限値として設定される。

機関回転変動率  $\sigma_N$  が機関回転変動率の閾値  $\sigma_{NC}$  より小さい場合には、点火時期の遅角余裕があるため、新しい点火時期を現在の点火時期  $\theta_{IGN}^0$  よりも  $\Delta\theta_{IGN}$  だけ遅角し、これを  $\theta_{IGN}^0$  と置き換える(105)。 $\Delta\theta_{IGN}$  は、正の値を取る、点火時期変化角であり、例えば  $1^\circ$  CA である。そして新たに設定した点火時期  $\theta_{IGN}^0$  で101以降の処理を繰り返す。

一方、処理103において、機関回転変動率  $\sigma_N$  が機関回転変動率の閾値  $\sigma_{NC}$  より大きい場合には、燃焼が不安定になっているため、より安定な燃焼をするために、新しい点火時期を現在の点火時期  $\theta_{IGN}^0$  よりも  $\Delta\theta_{IGN}$  だけ進角し、これを  $\theta_{IGN}^0$  と置き換える(104)。そして新たに設定した点火時期  $\theta_{IGN}^0$  で101以降の処理を繰り返す。

次に、図35における、タンブル生成弁開度  $\theta_T$  の最適化制御について、図36を用いて説明する。

図36は、前記タンブル生成弁開度  $\theta_T$  の最適化制御のフローチャートを示す。

タンブル生成弁開度  $\theta_T$  の最適化制御においては、まず、カウンタKの値が0に初期化され(201)、続いて、タンブル生成弁の開度を初期値  $\theta_T^0$  に設定する(202)。タンブル生成弁の初期開度  $\theta_T^0$  は、全閉と全開の間に設定され、例えば  $45^\circ$  である。

次にカウンタKの値を1だけ更新し(203)、カウンタKの値が、予め定められた閾値Kmaxと比較される(204)。Kmaxは、タンブル生成弁開度  $\theta_T$  の再設定を何度繰り返すかを指定する回数であり、例えば100以上の数である。

カウンタKの値が閾値Kmaxより大きいときは、タンブル生成弁開度  $\theta_T$  の最適化制御を終了する(213)。

一方、カウンタKの値が閾値Kmaxより小さいときは、現在のタンブル生成弁開度  $\theta_T^0$  における、機関回転変動率  $\sigma_T^0$  を式1、式2により計算する(214)。

次に、タンブル生成弁を、現在の開度より  $\Delta\theta_T$  だけ閉じる開度  $\theta_T^{(-)}$  と、タン



ブル生成弁を現在の開度より $\Delta \theta_T$ だけ開く開度 $\theta_T^{(+)}$ が計算される(205)。ここで、 $\Delta \theta_T$ は予め設定されたタンブル生成弁の開度変化量で、例えば $1^\circ$ である。

続いて、タンブル生成弁の開度を $\theta_T^{(-)}$ に設定し、そのときの機関回転変動率 $\sigma_N^{(-)}$ を式1、式2により計算する(206)。

続いて、タンブル生成弁の開度を $\theta_T^{(+)}$ に設定し、そのときの機関回転変動率 $\sigma_N^{(+)}$ を式1、式2により計算する(207)。

次に、タンブル生成弁開度に対する、機関回転変動率の勾配値を下記の式3、式4により求める(208)。ここで、 $[d\sigma_N/d\theta_T]^{(-)}$ は、タンブル生成弁を $\Delta \theta_T$ だけ閉じた場合の、タンブル生成弁開度に対する、機関回転変動率の勾配値である。また、 $[d\sigma_N/d\theta_T]^{(+)}$ は、タンブル生成弁を $\Delta \theta_T$ だけ開いた場合の、タンブル生成弁開度に対する、機関回転変動率の勾配値である。

式3

$$\left[ \frac{d\sigma_N}{d\theta_T} \right]^{(-)} = \frac{\sigma_N^{(-)} - \sigma_T^0}{\Delta \theta_T}$$

式4

$$\left[ \frac{d\sigma_N}{d\theta_T} \right]^{(+)} = \frac{\sigma_N^{(+)} - \sigma_T^0}{\Delta \theta_T}$$

処理209において、 $[d\sigma_N/d\theta_T]^{(-)}$ が負の値の場合には、タンブル生成弁を閉じると、機関回転変動率が下がるため、タンブル生成弁の開度を、開度 $\theta_T^0$ から $\Delta \theta_T$ だけ閉じて、これを新たな $\theta_T^0$ とし(211)、処理203以降を繰り返す。

処理209において、 $[d\sigma_N/d\theta_T]^{(-)}$ が正の値の場合には処理210を行う。

処理210において、 $[d\sigma_N/d\theta_T]^{(+)}$ が負の値の場合には、タンブル生成弁を開けると、機関回転変動率が下がるため、タンブル生成弁の開度を、開度 $\theta_T^0$ から $\Delta \theta_T$ だけ開けて、これを新たな $\theta_T^0$ とし(212)、処理203以降を繰り返す。

処理210において、 $[d\sigma_N/d\theta_T]^{(+)}$ が正の値の場合には、タンブル生成弁の開度を変更せず、処理203以降を繰り返す。

処理204において、カウンタKの値がKmaxを超えたら、タンブル生成弁開度 $\theta_T$ の最適化制御を終了し、図35の処理102に移る。

以上、図35及び図36で示した暖機運転時の燃焼制御によれば、タンブル生成弁開度を、機関の回転変動が最も小さくように最適制御することにより、より点火時期を遅角化することができる。これによって、排気の温度が高くなり、乱流生成具50Aによって排気通路16内でHC、O<sub>2</sub>、CO、H<sub>2</sub>の混合促進と相まって、排気通路内でのHC燃焼によるHC低減、排気温度昇温、触媒の早期活性化の効果をより高めることができる。

また、タンブル生成弁開度の最適制御と同様の効果を、燃圧の最適制御によっても、得ることができる。すなわち、図31～図34を用いて前述したように、暖機運転時において、点火時期を遅角化するには、噴霧のペネトレーションと、タンブル流の強さの関係を、適切に調節すればよいので、燃圧によって噴霧のペネトレーションを調節しても、点火時期の遅角化が可能な訳である。

そこで、図37、図38に示される如くに、点火時期及び燃圧の最適制御を行う。

図37に示されるフローチャートにおいては、ECUは点火時期を $\theta_{IGN}^0$ に設定する(600)。 $\theta_{IGN}^0$ は点火時期の初期値であり、予備試験等により、機関の回転変動、トルク変動が小さく、確実に機関の燃焼を持続できる点火時期が設定される。 $\theta_{IGN}^0$ は、例えば、圧縮上死点前10° CAである。

次に、後述する燃圧 $P_f$ の最適化制御が行われ、燃圧 $P_f$ が、機関の回転変動、トルク変動が最も小さくなるように設定される(601)。

引き続いて、前記した式1、式2により機関回転変動率 $\sigma_N$ が計算される(602)。そして、計算された機関回転変動率 $\sigma_N$ が、予め設定された機関回転変動率の閾値 $\sigma_{NC}$ と比較される(603)。機関回転変動率の閾値 $\sigma_{NC}$ は、例えば、暖機運転時において、車両の乗員が許容可能な、機関回転変動率の上限値として設定される。

機関回転変動率 $\sigma_N$ が機関回転変動率の閾値 $\sigma_{NC}$ より小さい場合には、点

火時期の遅角余裕があるため、新しい点火時期を現在の点火時期  $\theta_{IGN}^0$  よりも  $\Delta \theta_{IGN}$  だけ遅角し、これを  $\theta_{IGN}^0$  と置き換える(605)。 $\Delta \theta_{IGN}$  は、正の値を取る、点火時期変化角であり、例えば  $1^\circ$  CA である。そして新たに設定した点火時期  $\theta_{IGN}^0$  で601以降の処理を繰り返す。

一方、処理603において、機関回転変動率  $\sigma_N$  が機関回転変動率の閾値  $\sigma_{NC}$  より大きい場合には、燃焼が不安定になっているため、より安定な燃焼をするために、新しい点火時期を現在の点火時期  $\theta_{IGN}^0$  よりも  $\Delta \theta_{IGN}$  だけ進角し、これを  $\theta_{IGN}^0$  と置き換える(604)。そして新たに設定した点火時期  $\theta_{IGN}^0$  で601以降の処理を繰り返す。

次に、図37における、燃圧  $P_f$  の最適化制御について、図38を用いて説明する。図38に示される、燃圧  $P_f$  の最適化制御においては、まず、カウンタKの値が0に初期化され(701)、続いて、燃圧を初期値  $P_f^0$  に設定する(702)。燃圧の初期値  $P_f^0$  は、最低燃圧と最高燃圧の間に設定され、例えば5MPaである。

次にカウンタKの値を1だけ更新し(703)、カウンタKの値が、予め定められた閾値Kmaxと比較される(704)。Kmaxは、燃圧  $P_f$  の再設定を何度繰り返すかを指定する回数であり、例えば100以上の数である。

カウンタKの値が閾値Kmaxより大きいときは、燃圧  $P_f$  の最適化制御を終了する(713)。

一方、カウンタKの値が閾値Kmaxより小さいときは、現在の燃圧  $P_f^0$  における、機関回転変動率  $\sigma_T^0$  を式1、式2により計算する(714)。

次に、燃圧を、現在の燃圧より  $\Delta P_f$  だけ下げた燃圧  $P_f^{(-)}$  と、現在の燃圧より  $\Delta P_f$  だけ上げた燃圧  $P_f^{(+)}$  が計算される(705)。ここで、 $\Delta P_f$  は予め設定された燃圧の変化量で、例えば0.2MPaである。

続いて、燃圧を  $P_f^{(-)}$  に設定し、そのときの機関回転変動率  $\sigma_N^{(-)}$  を式1、式2により計算する(706)。

続いて、燃圧を  $P_f^{(+)}$  に設定し、そのときの機関回転変動率  $\sigma_N^{(+)}$  を式1、式2により計算する(707)。

次に、燃圧に対する、機関回転変動率の勾配値を式3、式4により求める(708)。ここで、 $[d\sigma_N/dP_f]^{(-)}$  は、燃圧を  $\Delta P_f$  だけ下げた場合の、燃圧に対する、機

関回転変動率の勾配値である。また、 $[d\sigma_N/dP_f]^{(+)}$ は、燃圧を $\Delta P_f$ だけ上げた場合の、燃圧に対する、機関回転変動率の勾配値である。

処理709において、 $[d\sigma_N/dP_f]^{(-)}$ が負の値の場合には、燃圧を下げると、機関回転変動率が下がるため、燃圧を $P_f^0$ から $\Delta P_f$ だけ下げて、これを新たな $P_f^0$ とし(711)、処理703以降を繰り返す。

処理709において、 $[d\sigma_N/dP_f]^{(-)}$ が正の値の場合には処理710を行う。

処理710において、 $[d\sigma_N/dP_f]^{(+)}$ が負の値の場合には、燃圧を上げると、機関回転変動率が下がるため、燃圧を $P_f^0$ から $\Delta P_f$ だけ上げて、これを新たな $P_f^0$ とし(712)、処理703以降を繰り返す。

処理710において、 $[d\sigma_N/dP_f]^{(+)}$ が正の値の場合には、燃圧を変更せず、処理703以降を繰り返す。

処理704において、カウンタKの値がKmaxを超えたら、燃圧 $P_f$ の最適化制御を終了し、図37の処理602に移る。

以上、図37及び図38で示した暖機運転時の燃焼制御によれば、燃圧を、機関の回転変動の最も小さくように最適制御することにより、より点火時期を遅角化することができる。

これによって、排気の温度が高くなり、乱流生成具50Aによって排気通路16内でHC、O<sub>2</sub>、CO、H<sub>2</sub>の混合促進と相まって、排気通路内でのHC燃焼によるHC低減、排気温度昇温、触媒の早期活性化の効果をより高めることができる。

## [第2実施形態]

次に、本発明に係る火花点火機関の第2実施形態を説明する。

図39は、第2実施形態の火花点火機関1Bを示している。この第2実施形態の火花点火機関1Bは、吸気ポート噴射式火花点火機関であり、この点が第1実施形態のもの(筒内噴射式)と最も異なるところである。図39において、図1の各部に対応する部分には、同一の符号を付して重複説明を省略し、以下においては、相違点を重点的に説明する。シリンダボア60にはピストン7が摺動自在に嵌挿されており、このピストン7上方には、燃焼室25が形成されている。

吸気通路15は、図40を参照すればよくわかるように、先端部(下流端部)が分岐壁61によって二股状に分岐されている。この先端が二股状の吸気通路15は

燃焼室25の一方側に連通され、その先端部を形成する吸気ポート15a、15bには、それぞれ吸気弁13a、13bが設置されている。また、同様に、排気通路16も、先端部(上流端部)が二股状に分岐されている。この排気通路16は、燃焼室60の他方側に連通され、その先端部を形成する排気ポート16a、16bには、排気弁14a、14bが設置されている。

排気通路16の後部には、図示しない触媒コンバータが設けられている。この触媒コンバータは例えば三元触媒コンバータであり、例えばNO<sub>x</sub>吸着触媒コンバータであり、例えばHC吸着触媒コンバータである。また、これらの異なる種類の触媒コンバータを組み合わせ使用してもよい。また、1つの触媒コンバータで、これら複数の触媒コンバータの機能を複合しているもの(ハイブリッド触媒コンバータ)でもよい。

また、吸気通路15の上流部には、図示しないスロットル弁が設けられており、このスロットル弁の開度により、燃焼室25内に充填される空気量が制御される。またスロットル弁は、電子制御スロットル弁であり、スロットル弁の開度は、ECU6からのスロットル弁開度信号36によって、任意の開度に調節可能となっている。

吸気通路15における前記吸気ポート15a、15bの直上流には、吸気通路15の下半分を開閉するタンブル生成弁12が配設されている。このタンブル生成弁12は、その弁軸22に直結された駆動モータ21により回転せしめられるようになっており、その開度は、ECU6から駆動モータ21に供給されるタンブル生成弁開度信号35により調整される。タンブル生成弁12が全閉状態(吸気通路15の下半分を完全に塞いだ状態)のとき、燃焼室25内に最も強い順タンブル流が生成され、この全閉状態からタンブル生成弁12を略90度回転させた状態(空気の流れ方向と平行)にすると、燃焼室25内の順タンブル流が最も弱くなる。

また、燃料を吸気ポート15a、15bに噴射する燃料噴射弁5は、吸気通路15における前記タンブル生成弁12の上方に取り付けられており、燃料噴射弁25の噴口部28が吸気通路15の内部に突出して設けられている。この噴口部28の先端、すなわち燃料噴射弁5の噴射口32はタンブル生成弁12の回転軸22より下流側でかつそれより下側に位置せしめられている。したがって、タンブル生成弁12を閉じたときに吸気通路15の上半分に生じる空気流動の流線より燃料噴射

弁5の噴射口32が下側となっている。また、燃料噴射弁5は、2方向に向けて燃料20を噴射できるものであり、それから噴射される燃料が、吸気ポート15a、15bを開閉する吸気弁13a、13bの傘部を指向するようになっている。なお、噴射された燃料が燃焼室25内で速やかに気化できるように燃料噴射弁5は粒径の細かい燃料を噴射できることが望ましく、その平均粒径はおおよそ $30\mu\text{m}$ 以下であることが望ましい。このような噴射弁としてはアシストエアを用いる方法、多孔式ノズルを用いる方法が考えられる。

燃料噴射弁5から噴射される燃料の噴射量、噴射時期はECU6からの噴射信号11によって制御される。

燃焼室60の上部には点火プラグ4が設けられており、この点火プラグ4によって混合気に点火をするようになっている。

ECU6には、一定クランク角毎（例えば $30^\circ$  CA毎）にパルス信号を出力する、回転角センサ37からの回転角信号38と、 $720^\circ$  CA毎にパルス信号を出力する、基準位置センサ40からの基準位置信号41、が入力される。ECU6は、これら回転角信号38と基準位置信号41から機関回転速度 $N_e$ と、基準クランク位置を検知する。

排気通路16（排気マニホールド）には、第1実施形態と同様に、乱流生成具50が設けられている。乱流生成具50は、後述する暖機運転時において、燃焼室25から排出される排気温度が十分に高い位置に取り付けることが望ましく、その位置は、排気通路最上流部から、排気通路下流に向けて、概ね500mm以内である。また、後述する暖機運転時における、乱流生成具50の取り付け位置の排気温度は、概ね $600^\circ\text{C}$ 以上である。

シリンダブロック17には、冷却水2の温度を検出する水温センサ8が取り付けられており、これから水温信号9がECU6へ入力される。

図41は、ECU6が実行する、機関1Bの始動直後の燃焼制御のフローチャートを示す。機関1Bが図示しないスターターによって起動されると、水温センサ8によって、冷却水2の温度が検出され、冷却水温信号9がECU6に入力される（401）。ECU6は、水温センサ8によって検出された冷却水温 $T_w$ と、予め設定された基準温度 $T_c$ との比較を行い（402）、冷却水温 $T_w$ が基準温度 $T_c$ より低い場

合に、暖機運転制御を行う。また、冷却水温 $T_w$ が基準温度 $T_c$ より高い場合には、非暖機運転制御を行う(407)。ここで、非暖機運転制御とは、例えば、機関の燃費効率が最も高くなるように、燃料の噴射時期、点火時期、タンブル生成弁の開度が設定される運転制御を指す。また、非暖機運転制御とは、例えば三元触媒コンバータでのHC、CO、NO<sub>x</sub>の浄化効率を最も高くするように、空燃比を理論空燃比( $A/F=14.7$ )に設定する運転制御を指す。また、非暖機運転制御とは、例えば機関の要求トルクが高いときに、ノッキングを防止するために、空燃比を若干リッチ( $A/F=11\sim12$ )に設定する運転制御を指す。

冷却水温 $T_w$ が基準温度 $T_c$ より低く、暖機運転制御が選択された場合は、ECU6からスロットル弁に開度信号を送り、スロットル弁開度がECUから指定された角度に設定される(403)。このときのスロットル弁開度は、燃焼室25内の空燃比を14~17に設定し、かつ、点火時期を $-10\sim30^\circ$  ATDCに設定した状態で、暖機運転に必要な機関出力と回転数(機関出力は、図示平均有効圧で、例えば200~250kPa、機関回転数は、例えば1000~2000rpm)を保つのに必要な空気量を、燃焼室25内に充填できる開度として設定される。このときの空気量は、例えば、体積効率で50%程度である。

次に、ECU6からタンブル生成弁駆動モータ21へタンブル生成弁開度信号35が送られ、タンブル生成弁12が予め決められた所定の開度に設定される(404)。タンブル生成弁の角度は、暖機運転時に機関の回転変動が所定値より小さくなる開度として、予め予備試験等で決められるものである。例えば、タンブル生成弁12の開度は、図39に示すように全閉である。即ち、吸気通路15の下半分がタンブル生成弁12によって完全に閉塞された状態である。さらに、吸気行程中期で、燃焼室25内の空燃比が14~17になるように、ECU6から燃料噴射弁5へ、燃料噴射信号11が送られ、燃料噴射弁5から燃焼室25内に向けて燃料が噴射される(405)。燃料噴射弁5から燃料噴射を始める時期は例えば吸気上死点後 $90^\circ$  CAである。燃料噴射に引き続いて、ECU6から点火プラグ4へ点火信号10が送られ、 $-10\sim30^\circ$  ATDCの範囲で、点火プラグ4により点火される(406)。

次に、本実施形態における燃焼室25内での混合気形成について説明する。

図42から図45は、本実施形態において、暖機運転時の混合気の形成過程を示しており、図42において、タンブル生成弁12が閉じ吸気通路15の下断面を閉塞することで、吸気通路15の上半分に高速の空気流が生じ、これが吸気弁13の上部(排気側)から燃焼室25内に流入して燃焼室25内に順タンブル流19が形成される。燃料噴霧20は、燃料噴射弁5から吸気弁13の傘部吸気側を指向して吸気行程中に噴射されるが、このとき、燃料噴霧20は、タンブル生成弁12を閉じることによって吸気通路15の上半分に生じる高速の空気流の流線よりも下側に配置された噴口32より噴射されるため、そのような高速の空気流によって、燃料20の挙動が影響を受けることはほとんどない。すなわち、高速の空気流によって燃料20の軌道が曲げられることなく、吸気弁13の傘部の吸気側に衝突する。

吸気弁13の傘部吸気側に衝突した燃料20はそこで微粒化し、吸気弁13の傘部吸気側の周部から気化しつつ燃焼室25内に入り混合気Mを形成する。

図43の圧縮行程に入ると、燃焼室25内に生成された順タンブル流19によって、吸気弁13の下にできた混合気Mが燃焼室上部に運ばれ、図44の点火時期においては点火プラグ電極4Eの周りに混合気Mが成層化される。これによって、点火プラグ電極4Eの周りには点火性の優れた混合気形成され、圧縮行程上死点直前又はそれ以降で点火プラグ4によって点火が行われ燃焼室内のガスが爆発、膨張する。

このように、タンブル生成弁12を閉じることによって生じる高速の空気流によって燃料噴霧20の軌道が曲げられることがないので、燃料噴霧20の吸気通路壁面への付着を低減することができ、HCの排出を低減することができるとともに、点火プラグ電極4Eの周りに混合気Mを確実に成層化することができる。また、燃料の噴射時期が図42に示すように吸気行程中期であるため、図44に示すように混合気Mは点火プラグ電極4Eの周辺にのみ集中する。したがって点火時期を $-10\sim 30^{\circ}$  ATDCまで遅角しても、混合気への確実な点火が行われ、安定な燃焼が可能である。また、略理論空燃比で、混合気を成層化しているため、成層部分は $A/F=5\sim 10$ と、非常にリッチとなっており、このため、燃焼室25内でHCが完全には酸化(燃焼)しない。従って、図45に示すように、排気行程にお



いて、排気通路16内にHC、O<sub>2</sub>、CO、H<sub>2</sub>が排出される。点火時期が遅角されているため、排気温度が高く、また、排気通路16内の乱流生成具50によって、排気通路16内のHC、O<sub>2</sub>、CO、H<sub>2</sub>の混合が促進されるため、排気通路16内で急速にHCの酸化反応(燃焼)が起こる。これにより、排気温度がさらに上昇し、HC濃度が低下する。

#### [乱流生成具の形態]

次に、本発明の火花点火機関で用いられる乱流生成具50の種々の形態について説明する。

図46に示される乱流生成具50Bは、構成メンバ(棒状材)を縦横に格子状ないしメッシュ状に配置したものである。また、図47に示される乱流生成具50Cは、構成メンバ(棒状材)を縦横に格子状ないしメッシュ状に配置しているが、構成メンバ(棒状材)の配置間隔が、排気通路16の内壁面に近づくにつれ、狭くされている。排気通路16の内壁面近傍では、壁面からの放熱により、排気通路16の中央部に比べ、排気温度が低くなる。そのため、構成メンバ(棒状材)の密度を内壁面近くでは高くすることで、壁面近傍での乱流強度が高くなり、壁面近傍でのHC、O<sub>2</sub>、CO、H<sub>2</sub>の混合が促進される。これによって、壁面近傍で排気温度が低下することによる、HCの反応速度低下を防止できる。

図48に示される乱流生成具50Dは、円環状メンバを同心円状に配置して蜘蛛の巣状体としたものである。この配置形態では、壁面近くでの構成メンバの密度を、より容易に変えることができる。

図49に示される乱流生成具50Eは、排気通路16の内壁面から内方に向けて突出する複数個の突起物(棒状体)で構成されている。突起物は等間隔で放射状に配列されている。この乱流生成具50Eは、排気通路16壁面近傍でのHC酸化反応の速度低下を防ぐ効果が高い。また、その構造上、排気通路16と一体に鋳物成形が可能で、製造コストが安くなるメリットがある。

図50に示される乱流生成具50Fは、排気通路16の内壁面から内方に向けて突出する円環状板で構成されている(図50のA-A断面である図51も参照)。このものでも、排気通路16の壁面近傍でのHC酸化反応を促進する効果が高い。また、円環状板で構成されているので、その構造強度を高くできる。

図52、図53に示される乱流生成具50Gも、排気通路16の内壁面から内方に向けて突出する円環状物で構成されているが、その断面形状が三角形とされている。このものでは、壁面近傍に乱流EDを生成し、壁面近傍でのHC酸化反応を促進するとともに、壁面に沿って流れてきた、HC、O<sub>2</sub>などを、温度の高い排気通路16の中央部に流すことで、HCの酸化反応(燃焼)を促進する効果がある。

図54に示される乱流生成具50Hは、排気通路16内壁面に設けられた段差部からなっている。言い換えれば、排気通路16の断面積をステップ状に広げて、段差部の後流で剥離流れを生じさせ、乱流EDを生成するようになっている。

また、図55に示される乱流生成具50Iは、排気通路16の断面積をステップ状に狭くしたもので、この場合も、段差部の後流で剥離が起こり、乱流EDを生成できる。図54、図55の乱流生成具50H、50Iは、排気通路16の肉厚を変えるだけで良いので、乱流生成手段を、容易にかつ低コストに作ることができる。

図56は、排気通路16における乱流生成具50が設けられている部位の通路断面積をその前後の部位よりも大きくした例を示す。本例では、排気通路16内に乱流生成具50を設けることによる排気通路16の実効断面積減少に伴う排気抵抗増大を防ぐことができる。

図57は、排気通路16を二重管構造にした例を示す。内側壁16iと外側壁16oの間に空気層LYを設けることで、排気通路壁面からの放熱に伴う排気温度低下を抑えることができ、HCの反応を促進できる。なお、空気層LYには仕切り板16sを設けることで、空気層LY内の対流が抑制され、断熱効果がより高くなる。また、空気層LYを真空層にすると空気対流に伴う熱伝達が無くなり、より一層の断熱効果が得られる。

図58、図59(図58の側面)は、乱流生成具50(50J)を電気加熱可能とした例を示す。図58において、排気通路16は電気導電率の良い材料で構成され、また、乱流生成具50Jは、電気抵抗の大きい材料、例えばニクロム、タングステンなどで構成される。また、16Iは、電気絶縁材である。暖機運転時に、スイッチSがONとなり、バッテリーEBから乱流生成具50Jに電圧が印加されることにより、乱流生成具50Jがジュール発熱により昇温する。これによって、排気通路16内のHC酸化反応がより促進される。暖機運転が終了すると、スイッチSがOFFとな

り、無駄な電力の消費が抑えられる。

また、図60は、排気通路 16(排気マニホールド)とシリンダヘッド26との間に挿入されるガスケット55に、乱流生成具50Aを一体に設けた例を示す。このようにガスケット55と乱流生成具50Aを一体化することで、製作コストを低減できる。

また、図63は、図61に示される如く、排気通路 16(排気マニホールド)とシリンダヘッド26との間に挿入される一対のガスケット55間に、図62に示される如くの乱流生成具50Aが設けられた板状構造体56を挟んで固定した例を示す。このように、2枚の排気ガスケット55に乱流生成具50Aが設けられた板状構造体56を挟むことで、排気通路16に乱流生成具50を容易に設けられる。また、本構成では、ガスケット55の材料と、乱流生成具50の材料を別々にすることができ、ため、ガスケット55に比べ、耐熱性、強度が必要な乱流生成具50を作りやすいというメリットがある。

なお、乱流生成具50Aの大きさは、排気通路16内で効率良く乱流が生成できる大きさにすることが望ましい。

乱流の生成効率、図64に示される如く、乱流生成具の構成メンバの幅Wと、排気通路16内の排気流速 $u_e$ 、排ガスの動粘性係数 $\nu$ を用いた、下記の式5で定義されるレイノルズ数 $R_e$ の大きさで決まる。式5で定義されるレイノルズ数が、臨界レイノルズ数 $R_{ec}$ を超えると、乱流生成具50の後流側にカルマン渦が生成され、乱れEDが促進される。ここで、臨界レイノルズ数 $R_{ec}$ は種々の実験により、約100であることが判っている。

式5

$$R_e = \frac{W \cdot u_e}{\nu}$$

従って、乱れEDを生成するための、乱流生成具50の構成メンバの幅Wは、下記の式6によって定められる。ここに $u_e$ は排気通路内の排気の平均流速であり、4サイクル機関の場合には、下記の式7によって求められる。式7において $V_c$ は1気筒あたりの排気量、 $V_T$ は全排気量、 $r_s$ は1秒あたりの機関回転数、 $N_e$ は1分あたりの機関回転数、 $n_c$ は全気筒数、 $S_e$ は乱流生成具50を取り付けた部分の

排気通路16の断面積である。なお、2サイクル機関の場合には、排気流速 $u_e$ は、式7の結果の2倍となる。

式6

$$W > \frac{R_{ec} \cdot V}{u_e}$$

式7

$$u_e = \frac{V_c \cdot r_s}{2S_e} = \frac{V_T \cdot N_e}{120n_c \cdot S_e}$$

次に、排気通路内に乱流生成具50を設けた場合の、排気流れのコンピュータシミュレーション結果を、図65～図67を用いて説明する。計算では、乱流生成具50(の構成メンバー)は、1mm四方の角柱とし、機関回転数は1400r/minとした。左端の中央部からHC(相対濃度1.0)が流入し、HCの両側から空気(HCの相対濃度0)が流入する。

シミュレーションは、混合ガスの質量、運動量、エネルギーの保存式、及び、HCの質量保存式、燃焼ガスの質量保存式、混合ガスの状態方程式を連立し、有限体積法で解いた結果である。また、HCの酸化反応を総括反応式でモデル化し、HCの酸化反応をシミュレーションした。

図65は、左端より排ガスが流入し、右端より流出する場合の、排ガスの速度ベクトルを示したコンピュータシミュレーション結果である。

図66は、HCの酸化反応が始まる直前における、HCの相対濃度分布の等高線を示したコンピュータシミュレーション結果である。ここで、相対濃度は、左端中央部から流入するHC濃度を1としたときの質量濃度割合で示している。

図67は、HCの酸化反応が開始した後における、HCの相対濃度分布の等高線を示したコンピュータシミュレーション結果である。

図65の速度ベクトルから、乱流生成具50(角柱)の後方で、カルマン渦が発生し、流れの乱れが増大している。

図66のHC酸化反応前のHC濃度分布から、乱流生成具50の後方で流れの乱れによって、HCと空気との混合が促進され、HC濃度が均一化している。

図67のHC酸化反応後のHC濃度分布から、HCと空気との混合によってHCの酸化反応が促進し、下流部でHC濃度が急激に低下している。

図68は、実機関を用いた台上試験による、排気通路内のHC濃度の計測結果を示す。

試験に用いた機関は、総排気量1800cm<sup>3</sup>、4気筒の筒内噴射式火花点火機関である。

試験条件は、機関回転数1400r/min、図示平均有効圧200kPa、空燃比16、燃料噴射時期52° BTDC、点火時期8° BTDC、冷却水温度20℃である。

シリンダヘッドと排気マニホールド間に挿入されるガスケットに、乱流生成具を設けた(図60参照)。HC濃度は、排気マニホールドの下流、約50mmの位置で測定した。

図69は、筒内噴射式火花点火機関の台上試験で用いた燃料噴霧の縦断層写真である。測定は0.5MPaに加圧された静止窒素雰囲気(温度20℃)に、燃料圧力7MPa、噴射パルス幅1.3msecで噴射した燃料噴霧の中央断面を、レーザーシート光で可視化し、高速度カメラで撮影したものである。観察時期は、噴射開始後2.2msecである。

図68の結果より、排気通路内に乱流生成具を設けた場合のHC濃度は、乱流生成具を設けない場合に比べ約40%低減する。これにより、排気通路内に乱流生成具を設けることで、排気通路内でのHC酸化反応を促進し、排気通路内のHCを低減することが可能である。

次に、燃料噴射から点火までの時間間隔と、HC濃度、スモーク濃度との相関について図70、図71を用いて説明する。

図70は、燃料の噴射開始時期から点火時期までの時間間隔に対する、HC濃度の台上試験結果の相関を示している。

図71は、燃料の噴射開始時期から点火時期までの時間間隔に対する、スモーク濃度の台上試験結果の相関を示している。

図70及び図71のHC濃度、スモーク濃度の試験に用いた機関は、総排気量2000cm<sup>3</sup>、DOHC、4気筒の筒内噴射式火花点火機関である。

試験条件は、機関回転数1200rpm、図示平均有効圧250kPa、機関冷却水温度40℃、燃料圧力9MPa、空燃比15である。また、燃料噴射時期は80° BTDC～48° BTDC(噴射開始)であり、点火時期は0° ATDC～25° ATDCである。

図70、図71より、燃料の噴射開始時期から点火時期までの時間間隔とHC濃度、スモーク濃度は、強い相関があり、燃料の噴射開始時期から点火時期までの時間間隔が長くなるほど、HC濃度、スモーク濃度は下がる傾向にある。

燃料の噴射開始時期から点火時期までの時間間隔が長くなると、点火時期が遅角するため、排気通路内でのHCの酸化反応が進み、HC濃度が低下する。

また、燃料の噴射開始時期から点火時期までの時間間隔が長くなると、燃料の気化が進むため、スモーク濃度が低下する。

図70から、燃料の噴射開始時期から点火時期までの時間間隔を8ms以上にすることで、HC濃度を許容上限値以下にすることができる。

また、図71から、燃料の噴射開始時期から点火時期までの時間間隔を9ms以上にすることで、スモーク濃度を許容上限値以下にすることができる。

すなわち、燃料の噴射開始時期から点火時期までの時間間隔を9ms以上にすれば、HC濃度とスモーク濃度の双方を許容上限値以下とすることが可能である。

#### 産業上の利用の可能性

以上の説明から理解されるように、本発明に係る火花点火機関及びその燃焼制御方法によれば、機関の温度が低い暖気運転時等において、点火時期を通常運転時より遅らせて、排気通路に排出される多量の未燃HCや酸素、一酸化炭素が含まれる排気流に乱れを生じさせ、それらのHCや酸素、一酸化炭素などの混合を促進するようにされるので、排気通路内でHCが燃焼せしめられ、排気温度が上昇すると同時にHCを効果的に低減でき、さらに、排気が高温度となることから、排気浄化用触媒コンバータを早期に活性化させることも可能となる。

## 請 求 の 範 囲

1. 点火プラグによる点火時期を制御する燃焼制御手段と、排気通路内において排気流に乱れを生じさせる乱流生成手段と、を備え、前記燃焼制御手段は、機関の温度が所定温度より低い場合に、点火時期を圧縮行程上死点直前又はそれ以降とすることを特徴とする火花点火機関。
2. 燃料を燃焼室内で層状化する燃料層状化手段を備え、前記燃焼制御手段は、機関の温度が所定温度より低い場合に、前記燃料層状化手段により、燃焼室内において燃料を層状化させることを特徴とする請求項1に記載の火花点火機関。
3. 燃焼室内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁を備え、前記燃焼制御手段は、機関の温度が所定温度より低い場合に、前記燃料噴射弁に、圧縮行程で燃料噴射を行わせることを特徴とする請求項1に記載の火花点火機関。
4. 排気通路内において排気流に乱れを生じさせる乱流生成手段と、燃焼室内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁と、該燃料噴射弁による燃料噴射時期を制御する燃料噴射制御手段と、を備え、前記燃料噴射制御手段は、機関の温度が所定温度より低い場合に、前記燃料噴射弁に、膨張行程で燃料噴射を行わせることを特徴とする火花点火機関。
5. 点火プラグによる点火時期を制御する点火時期制御手段と、燃焼室内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁と、該燃料噴射弁による燃料噴射時期を制御する燃料噴射制御手段と、を備え、前記燃料噴射弁から噴射される燃料噴霧の点火プラグ方向のペネトレーションが、ピストン方向のペネトレーションよりも長くされ、機関温度が所定温度よりも低い場合に、前記燃料噴射制御手段は、前記燃料噴射弁に、理論空燃比近傍となるように圧縮行程の後半で燃料噴射

を行わせ、前記点火時期制御手段は、点火時期を圧縮行程上死点直前又はそれ以降とすることを特徴とする火花点火機関。

6. 点火プラグによる点火時期を制御する点火時期制御手段と、燃焼室内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁と、該燃料噴射弁による燃料噴射時期を制御する燃料噴射制御手段と、燃焼室内に順方向の縦渦を生成する縦渦生成手段と、を備え、機関温度が所定温度よりも低い場合に、前記縦渦生成手段は、燃焼室内に順方向の縦渦を生成し、前記燃料噴射制御手段は、前記燃料噴射弁に、理論空燃比近傍となるように圧縮行程の後半で燃料噴射を行わせ、前記点火時期制御手段は、点火時期を圧縮行程上死点直前又はそれ以降とすることを特徴とする火花点火機関。

7. 点火プラグによる点火時期を制御する点火時期制御手段と、燃焼室内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁と、該燃料噴射弁による燃料噴射時期を制御する燃料噴射制御手段と、燃焼室内に順方向の縦渦を生成する縦渦生成手段と、を備え、前記燃料噴射弁から噴射される燃料噴霧の点火プラグ方向のペネトレーションが、ピストン方向のペネトレーションよりも長くされ、機関温度が所定温度よりも低い場合に、前記縦渦生成手段は、燃焼室内に順方向の縦渦を生成し、前記燃料噴射制御手段は、前記燃料噴射弁に、理論空燃比近傍となるように圧縮行程の後半で燃料噴射を行わせ、前記点火時期制御手段は、点火時期を圧縮行程上死点直前又はそれ以降とすることを特徴とする火花点火機関。

8. 燃焼室内に生成する順方向の縦渦の強さを調節する縦渦調節手段と、機関の回転変動又はトルク変動の大きさを検出する変動検出手段と、を備え、前記回転変動又はトルク変動の大きさが所定値以下になるように、前記縦渦調節手段が前記縦渦の強さを調節するとともに、前記点火時期制御手段が点火時期を可及的に遅角させることを特徴とする請求項6に記載の火花点火機関。



9. 燃焼室内に生成する順方向の縦渦の強さを調節する縦渦調節手段と、機関の回転変動又はトルク変動の大きさを検出する変動検出手段と、を備え、前記回転変動又はトルク変動の大きさが所定値以下になるように、前記縦渦調節手段が前記縦渦の強さを調節するとともに、前記点火時期制御手段が点火時期を可及的に遅角させることを特徴とする請求項7に記載の火花点火機関。

10. 点火プラグによる点火時期を制御する点火時期制御手段と、燃焼室内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁と、該燃料噴射弁による燃料噴射時期を制御する燃料噴射制御手段と、前記燃料噴射弁に供給する燃料の圧力を調節する燃圧調節手段と、機関の回転変動又はトルク変動の大きさを検出する変動検出手段、を備え、機関温度が所定温度よりも低い場合に、前記燃料噴射制御手段は、前記燃料噴射弁に、理論空燃比近傍となるように圧縮行程の後半で燃料噴射を行わせ、前記回転変動又はトルク変動の大きさが所定値以下になるように、前記燃圧調節手段が燃料圧力を調節するとともに、前記点火時期制御手段が点火時期を可及的に遅角させることを特徴とする火花点火機関。

11. 最も遅い燃料噴射の開始時期と点火開始時期との時間間隔が、9ms以上であることを特徴とする請求項3に記載の火花点火機関。

12. 排気通路内に排気流に乱れを生じさせる乱流生成手段を備えることを特徴とする請求項5に記載の火花点火機関。

13. 吸気ポートに燃料を噴射する燃料噴射弁を備え、前記燃焼制御手段は、機関の温度が所定温度より低い場合に、前記燃料噴射弁に、吸気行程で燃料噴射を行わせることを特徴とする請求項1に記載の火花点火機関。

14. 前記乱流生成手段は、排気通路における、暖機運転時に排気温度が60℃以上となる部位に設けられていることを特徴とする請求項1に記載の火花点火機関。

15. 前記乱流生成手段は、排気通路における最上流部から下流に向けて500mm以内の部位に設けられていることを特徴とする請求項1に記載の火花点火機関。

16. 排気通路における前記乱流生成手段が設けられている部位付近の通路断面積が、少なくともその上流の部位の通路断面積より大きくされていることを特徴とする請求項1に記載の火花点火機関。

17. 前記乱流生成手段は、排気通路を横切るように並設された複数の棒状体ないし板状体で構成されていることを特徴とする請求項1に記載の火花点火機関。

18. 前記乱流生成手段は、格子状体ないし蜘蛛の巣状体で構成されていることを特徴とする請求項1に記載の火花点火機関。

19. 前記乱流生成手段は、構成メンバの間隔が、排気通路中心部に比して内壁面側の方が狭くされていることを特徴とする請求項17に記載の火花点火機関。

20. 前記乱流生成手段は、排気通路内壁面から内方に向けて突出する複数の突起物又は環状物で構成されていることを特徴とする請求項1に記載の火花点火機関。

21. 前記乱流生成手段は、排気通路内壁面に設けられた段差部で構成されていることを特徴とする請求項1に記載の火花点火機関。

22. 前記乱流生成手段は、排気通路とシリンダヘッドとの間に配在されるガスケットと一体化されていることを特徴とする請求項17に記載の火花点火機関。

23. 前記乱流生成手段は、排気通路とシリンダヘッドとの間に配在されるガスケットに挟持又は隣接配置されていることを特徴とする請求項17に記載の火花点火機関。

24. 前記乱流生成手段は、電気加熱可能とされていることを特徴とする請求項17に記載の火花点火機関。

25. 前記乱流生成手段は、カルマン渦が生成される臨界レイノルズ数を $Rec$ 、暖機運転時における排気通路内の平均排気速度を $U_e$ 、排ガスの動粘性係数を $\nu$ としたとき、前記構成メンバの幅が、 $Rec \cdot \nu / U_e$ 以上とされていることを特徴とする請求項17に記載の火花点火機関。

26. 排気通路において排気流に乱れを生じさせるとともに、機関の温度が所定温度より低い場合に、点火時期を圧縮行程上死点直前又はそれ以降とすることを特徴とする火花点火機関の燃焼制御方法。

27. 機関の温度が所定温度より低い場合に、燃焼室内において燃料を層状化させることを特徴とする請求項26に記載の燃焼制御方法。

28. 機関の温度が所定温度より低い場合に、圧縮行程で燃料噴射を行うことを特徴とする請求項26に記載の燃焼制御方法。

29. 排気通路において排気流に乱れを生じさせるとともに、燃焼室内に直接燃料を噴射するようにされ、機関の温度が所定温度より低い場合に、膨張行程で燃料噴射を行うことを特徴とする火花点火機関の燃焼制御方法。

30. 噴射される燃料噴霧の点火プラグ方向のペネトレーションを、ピストン方向のペネトレーションよりも長くし、機関温度が所定温度よりも低い場合に、理論空

燃比近傍となるように圧縮行程の後半で燃料噴射を行うとともに、点火時期を圧縮行程上死点直前又はそれ以降とすることを特徴とする火花点火機関の燃焼制御方法。

31. 機関温度が所定温度よりも低い場合に、燃焼室内に順方向の縦渦を生成し、かつ、理論空燃比近傍となるように圧縮行程の後半で燃料噴射を行うとともに、点火時期を圧縮行程上死点直前又はそれ以降とすることを特徴とする火花点火機関の燃焼制御方法。

32. 噴射される燃料噴霧の点火プラグ方向のペネトレーションを、ピストン方向のペネトレーションよりも長くし、機関温度が所定温度よりも低い場合に、燃焼室内に順方向の縦渦を生成し、かつ、理論空燃比近傍となるように圧縮行程の後半で燃料噴射を行うとともに、点火時期を圧縮行程上死点直前又はそれ以降とすることを特徴とする火花点火機関の燃焼制御方法。

33. 機関の回転変動又はトルク変動の大きさが所定値以下になるように、燃焼室内で生成される順方向の縦渦の強さを調節するとともに、点火時期を可及的に遅角することを特徴とする請求項31に記載の燃焼制御方法。

34. 機関温度が所定温度よりも低い場合に、理論空燃比近傍となるように圧縮行程の後半で燃料噴射を行い、機関の回転変動又はトルク変動の大きさが所定値以下になるように、噴射される燃料の圧力を調節するとともに、点火時期を可及的に遅角することを特徴とする火花点火機関の燃焼制御方法。

35. 最も遅い燃料噴射の開始時期と点火開始時期との時間間隔を、9ms以上とすることを特徴とする請求項28に記載の燃焼制御方法。

36. 吸気ポートに燃料を噴射するようにされ、機関の温度が所定温度より低い場合に、吸気行程で燃料噴射を行うことを特徴とする請求項26に記載の燃焼

制御方法。

図 1

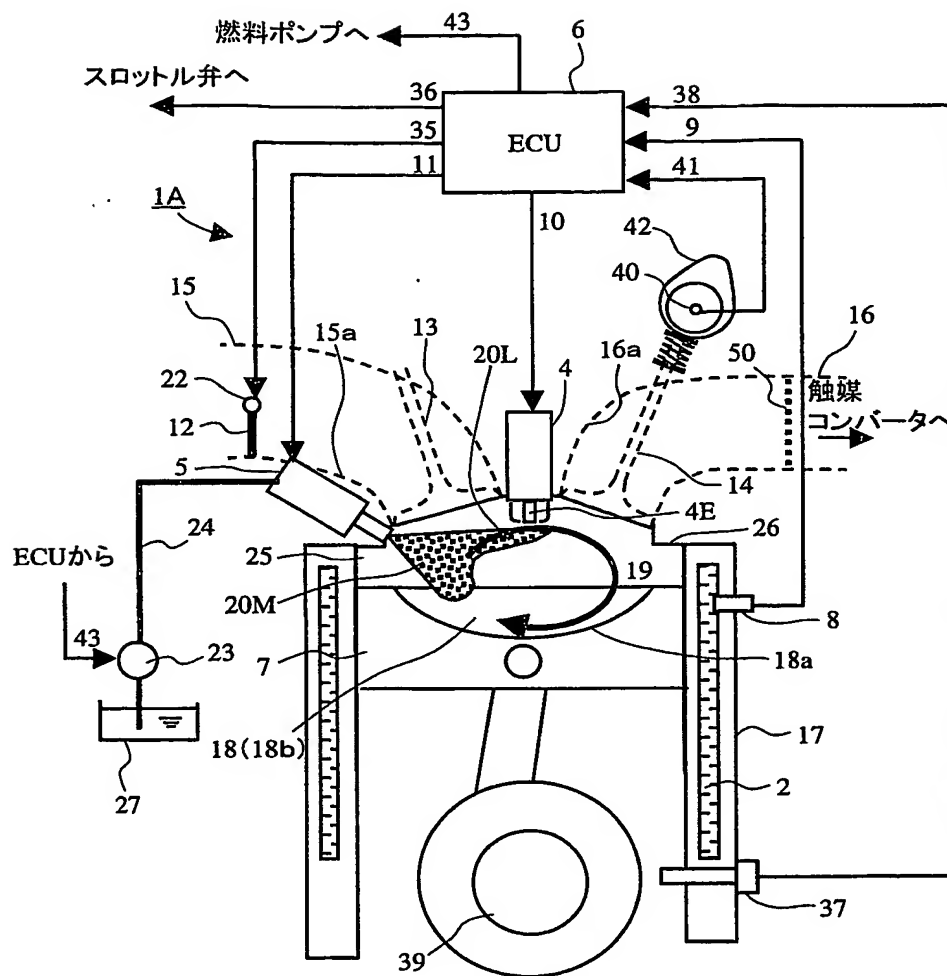


図 2

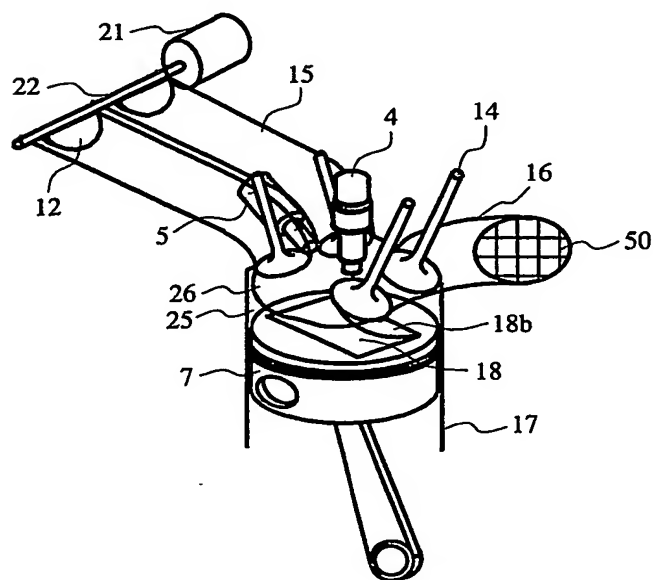


図 3

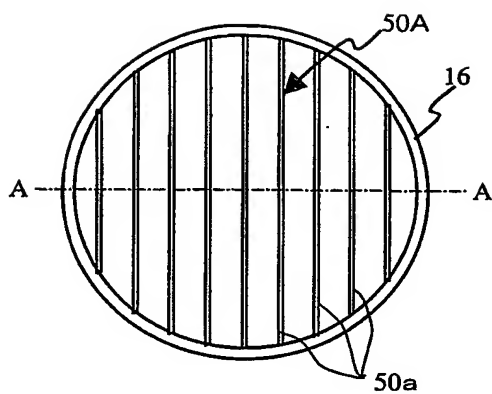


図 4

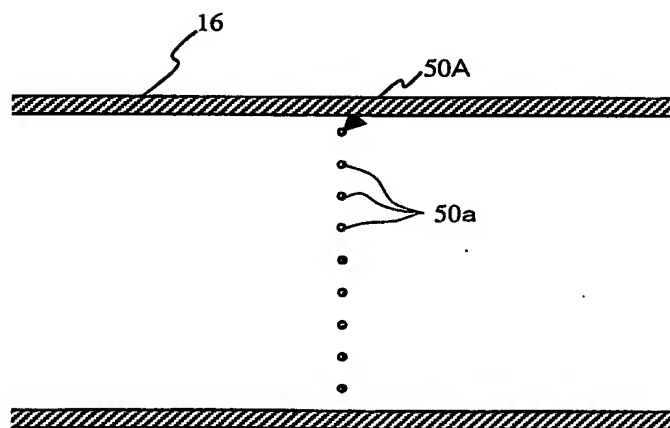


図 5

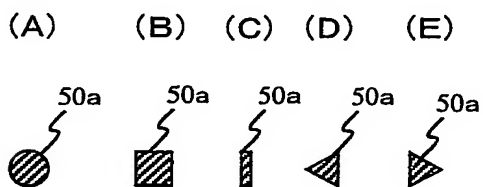


図 6

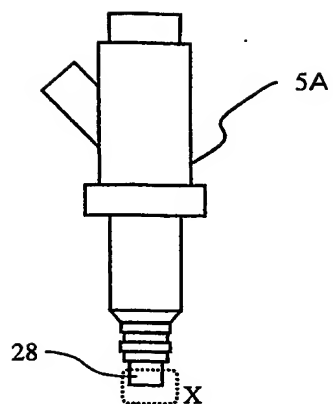


図 7

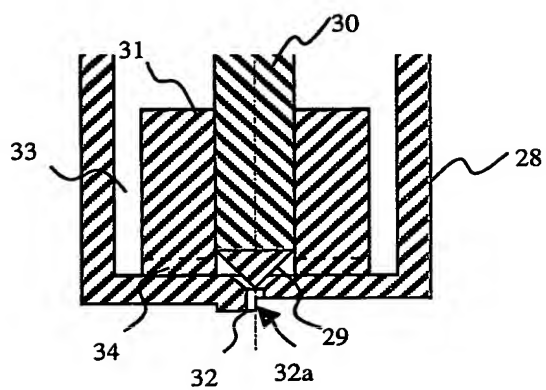


図 8

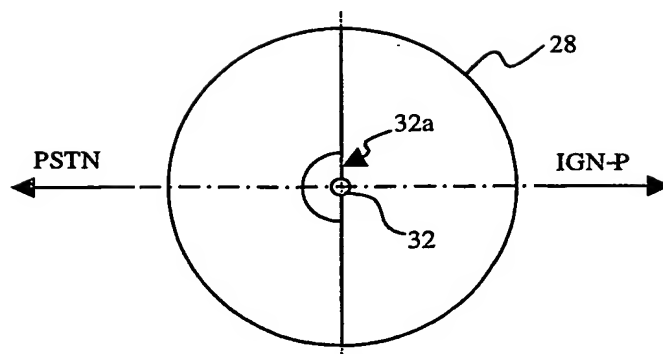




図 9

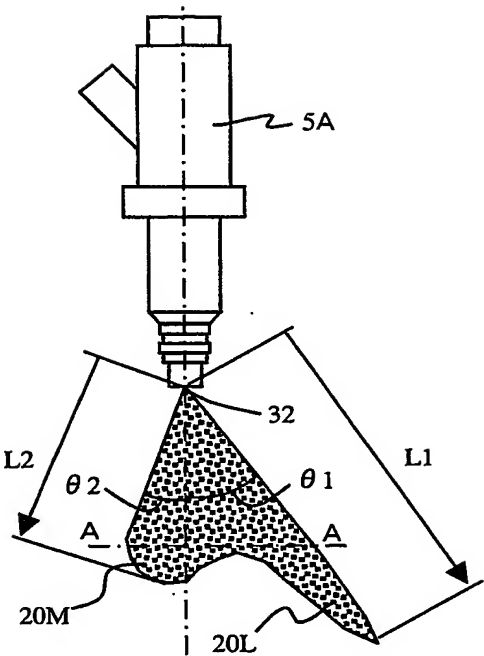


図 10

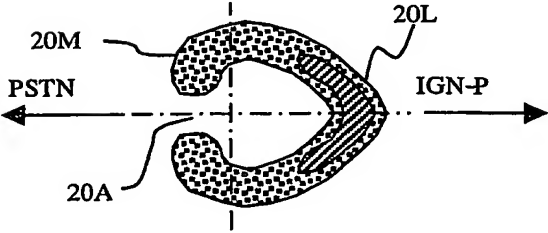


図 11

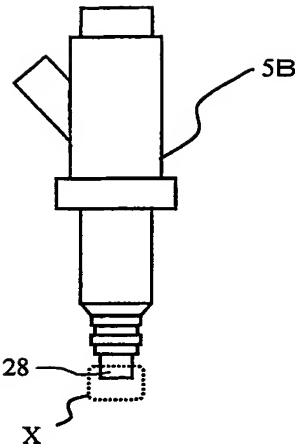


図 12

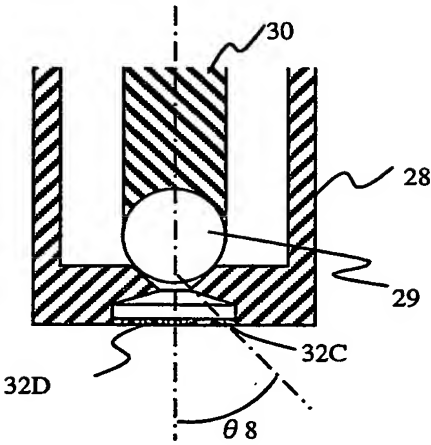


図 13

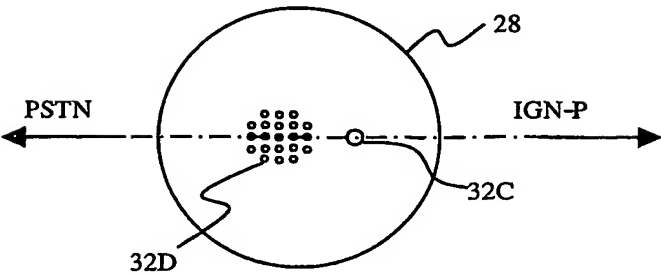


図 14

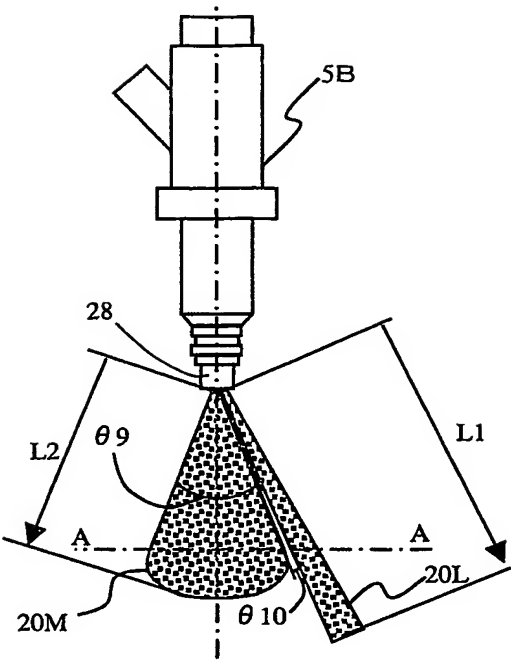


図 15

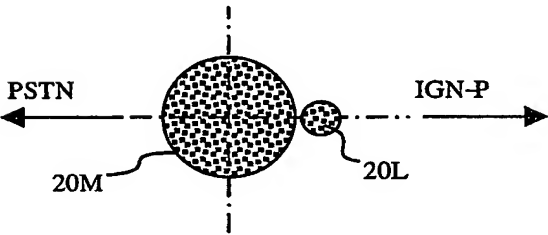


図 16

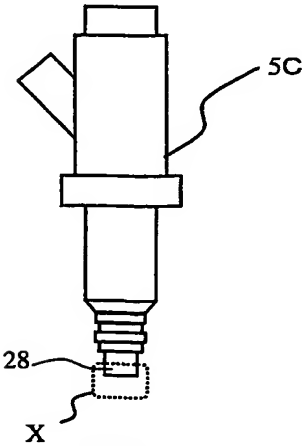


図 17

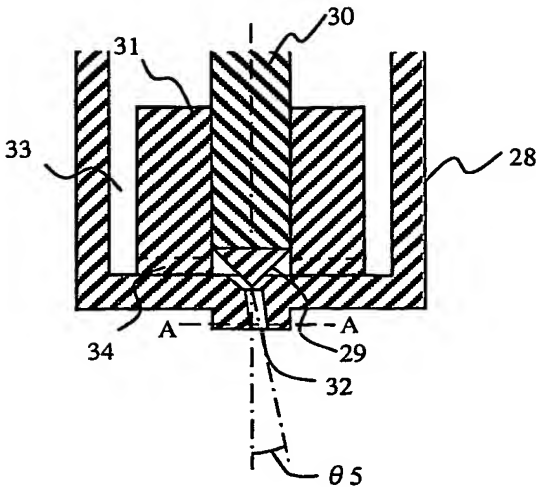


図 18

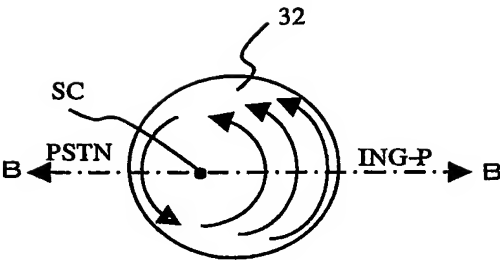
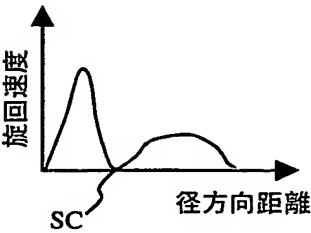


図 19



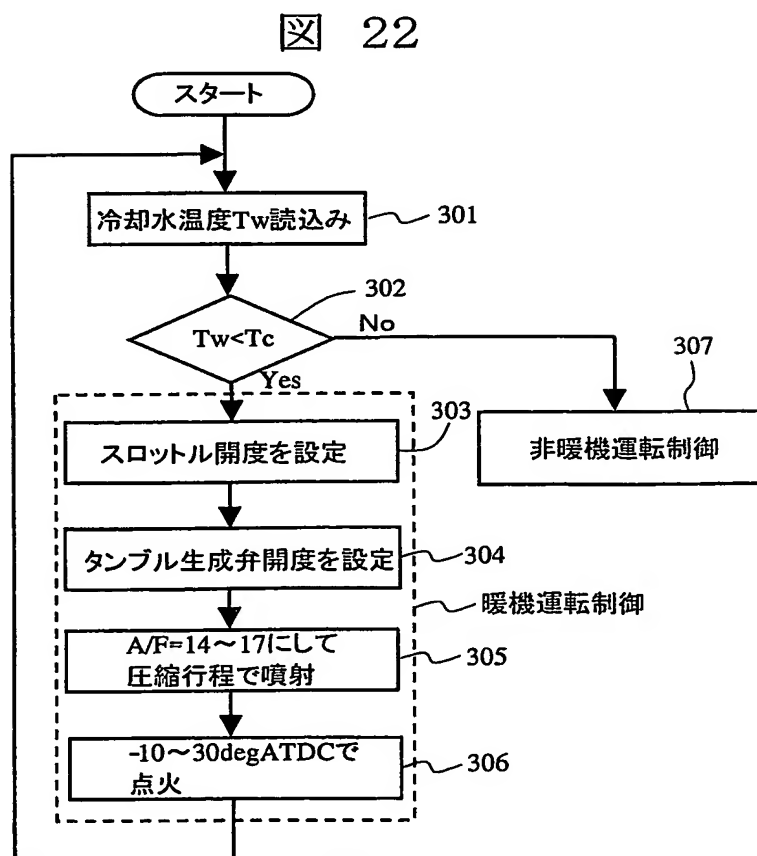
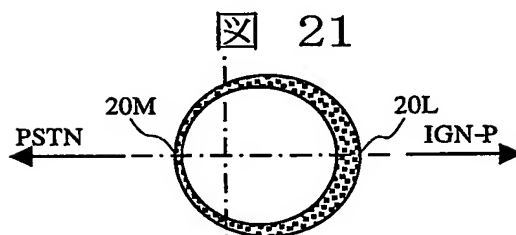
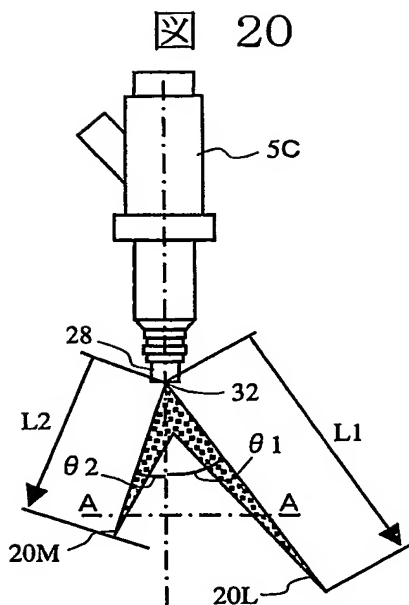


図 23

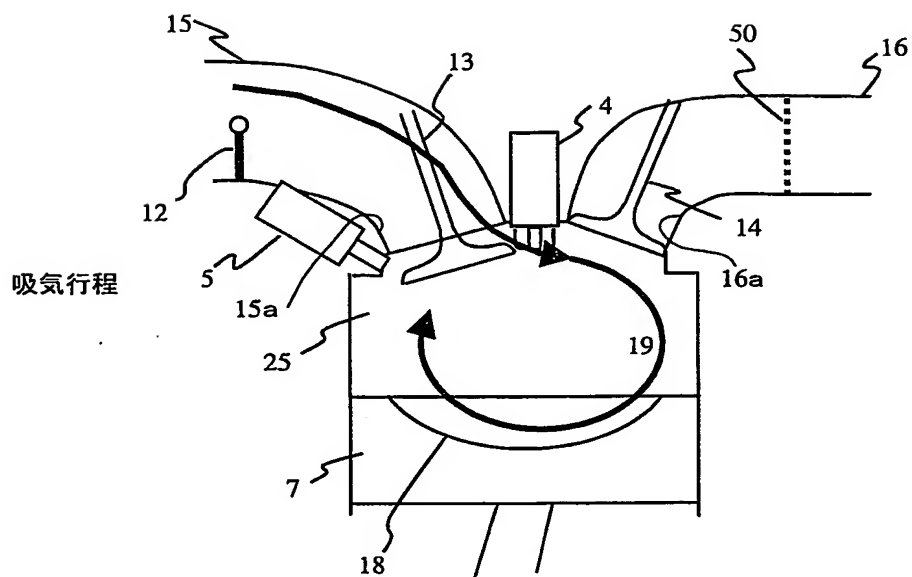


图 24

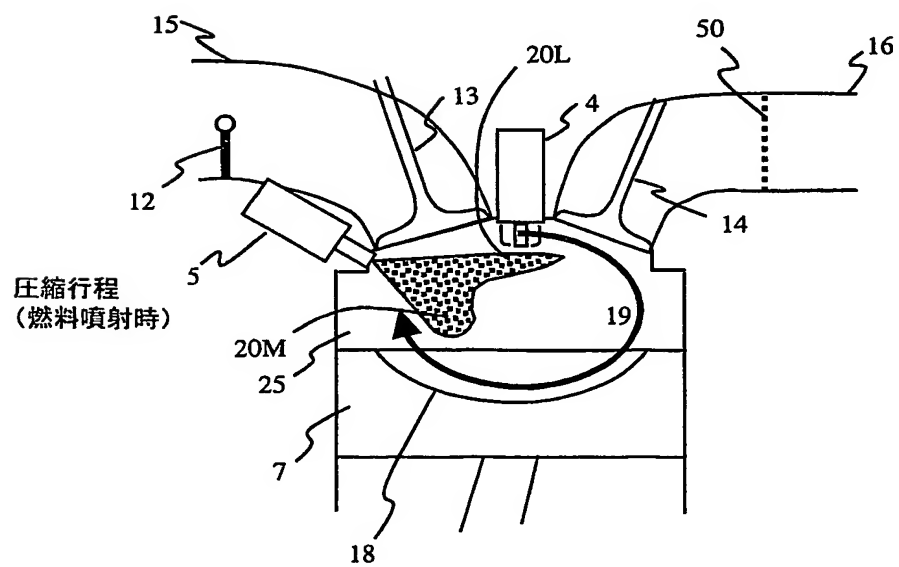


図 25

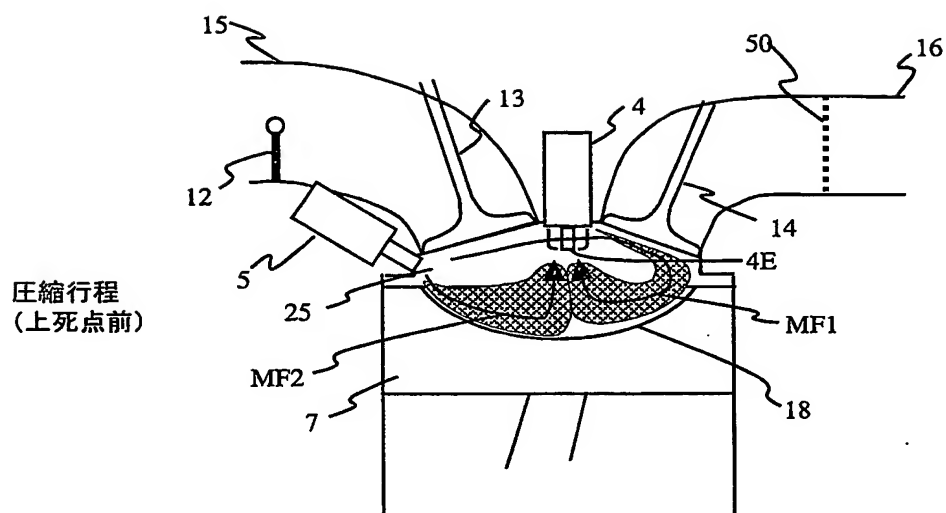


図 26

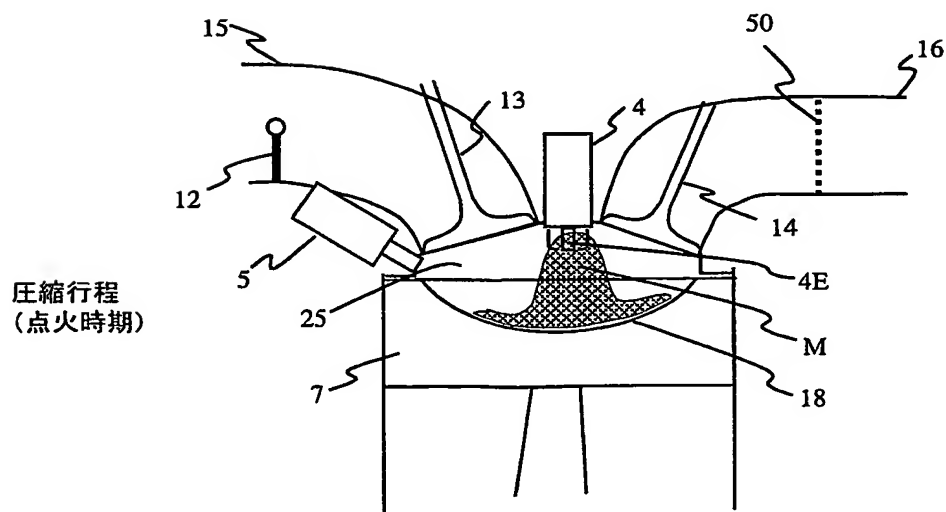


図 27

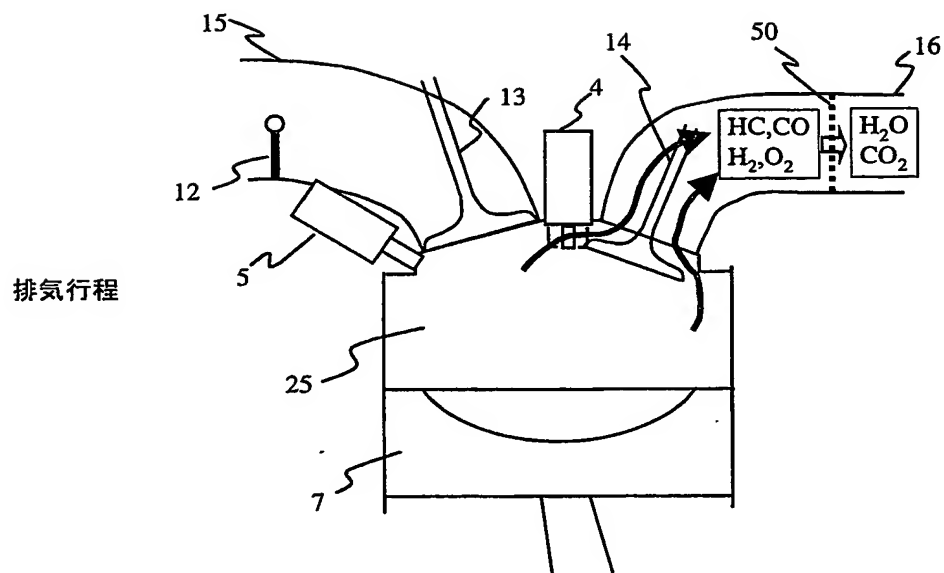


図 28

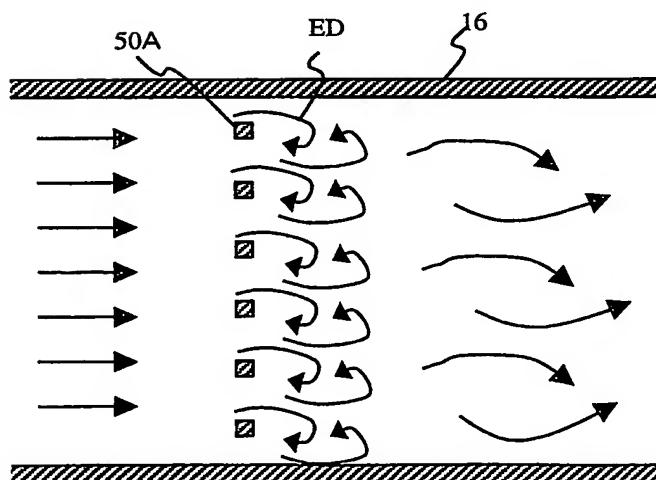




図 29

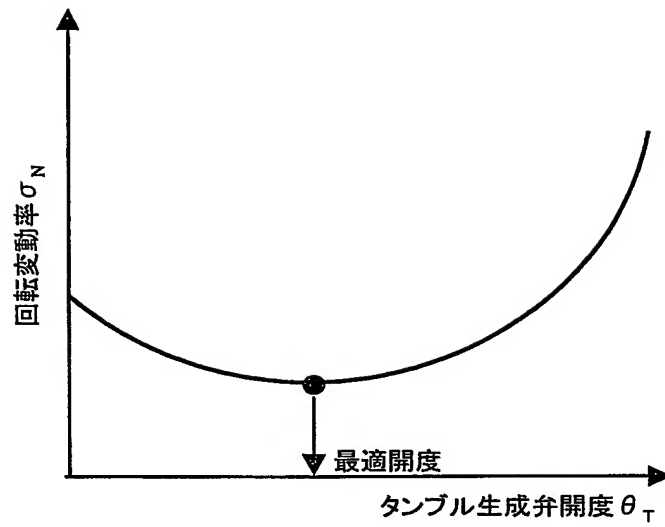


図 30

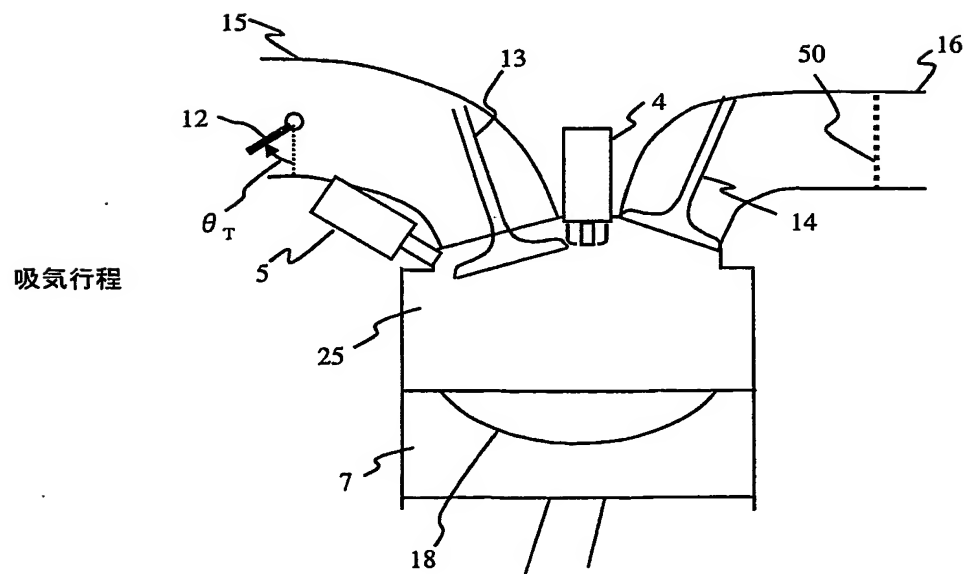


図 31

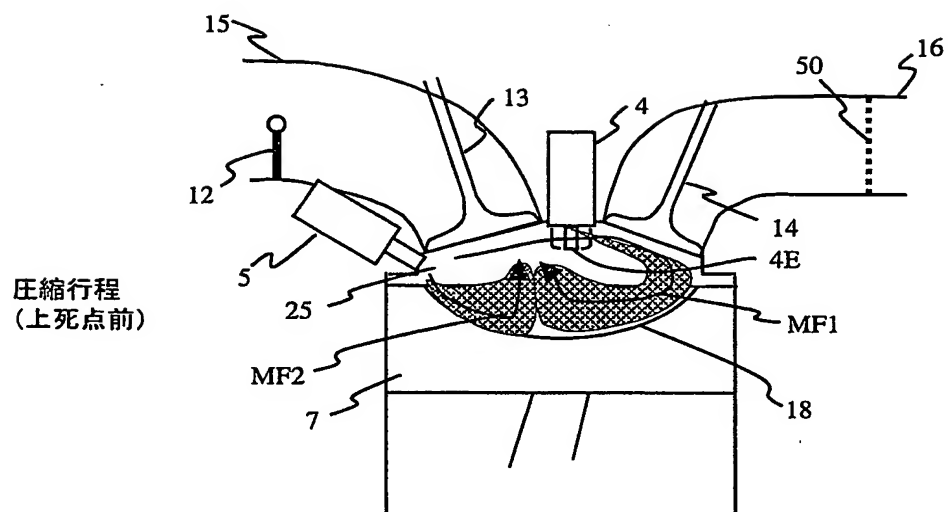


図 32

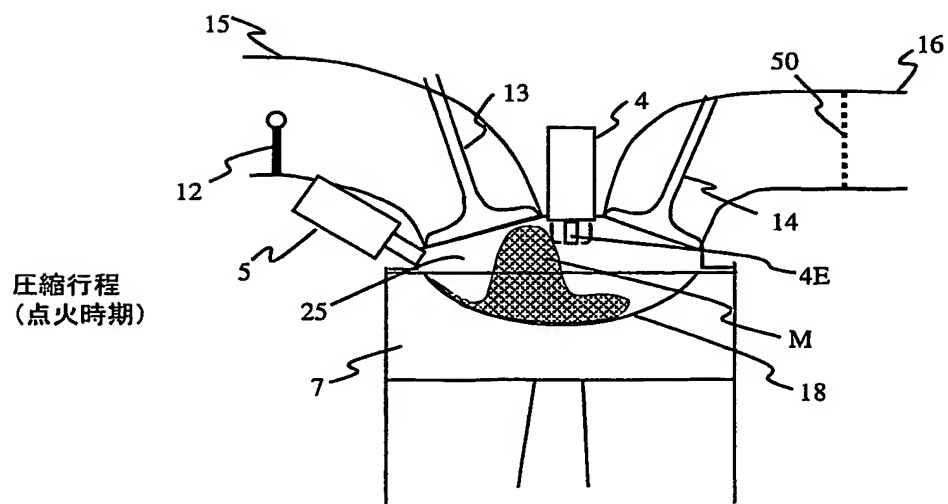


図 33

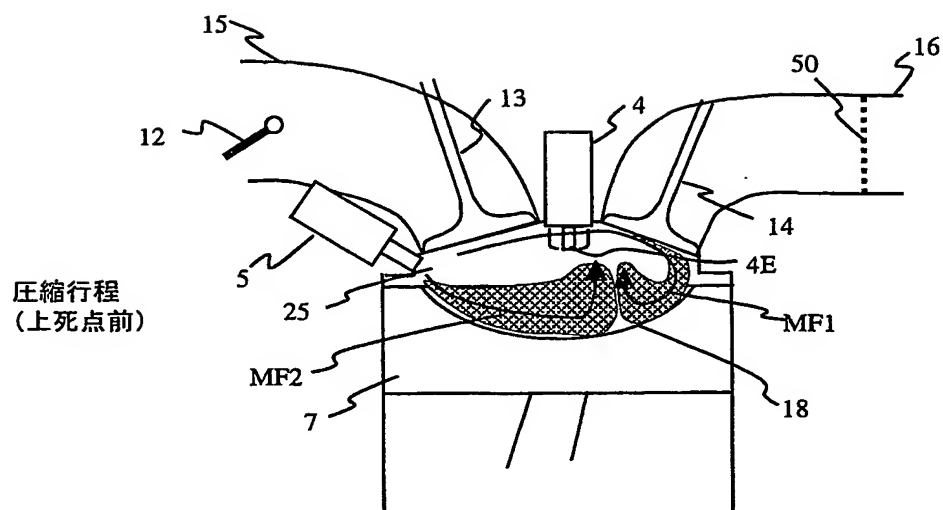


図 34

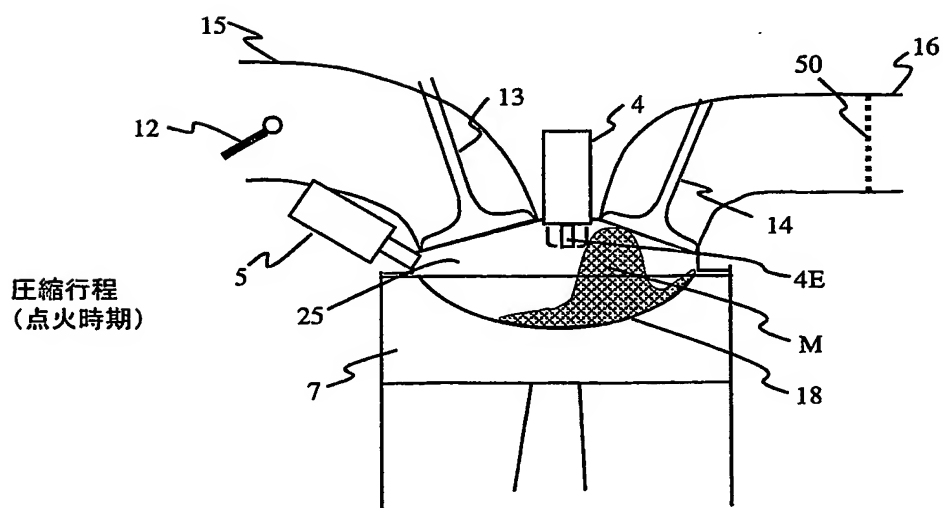


図 35

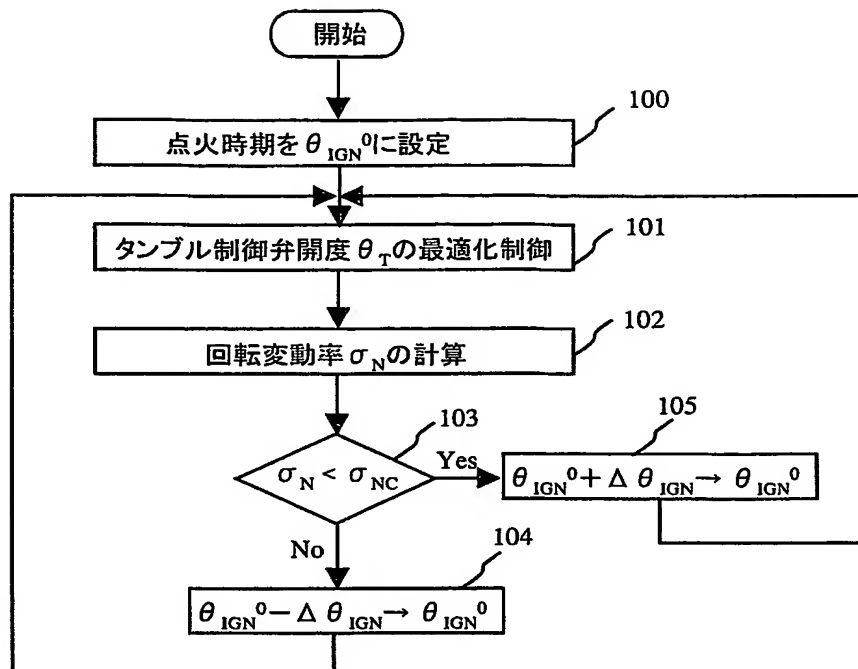


図 37

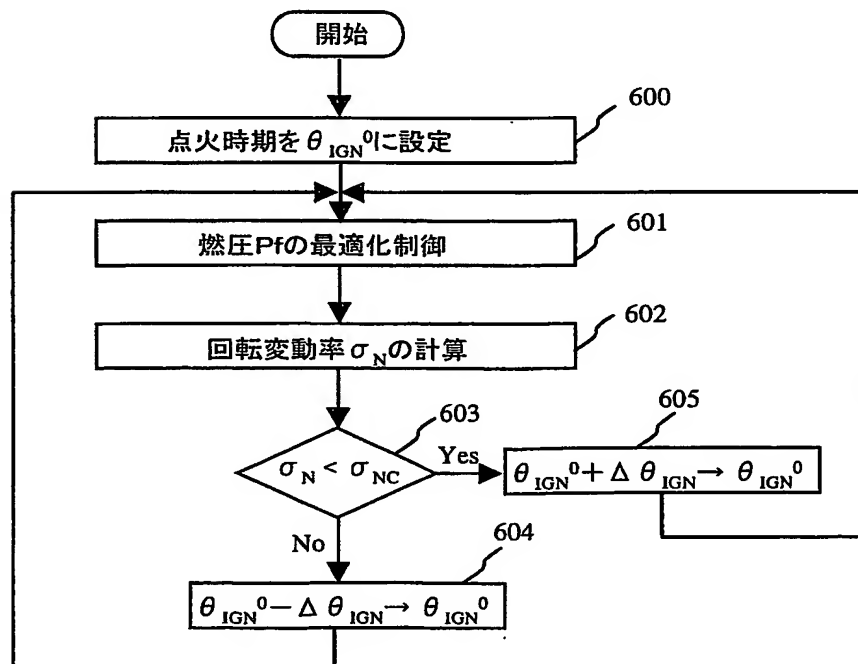


図 36

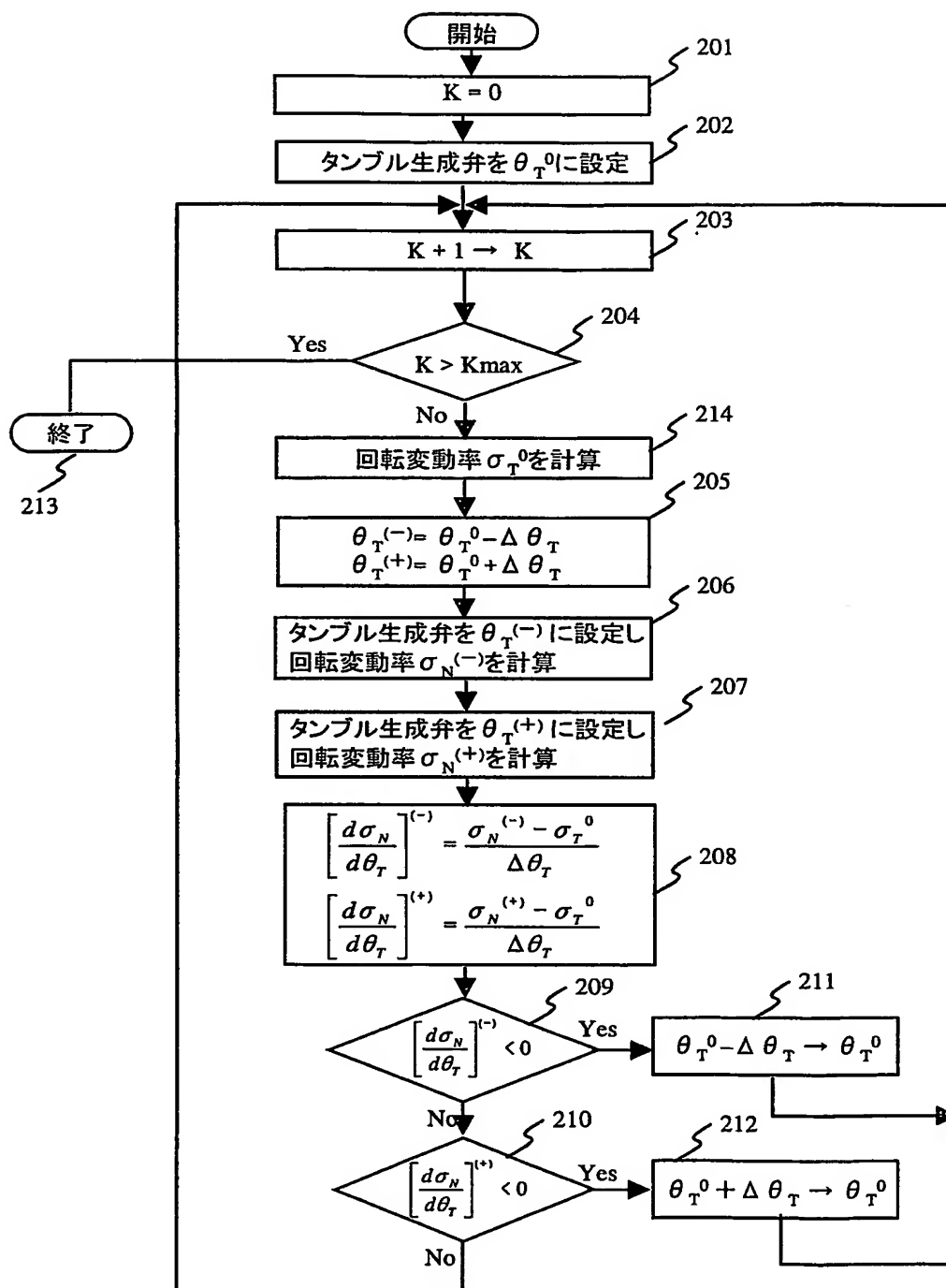


図 38

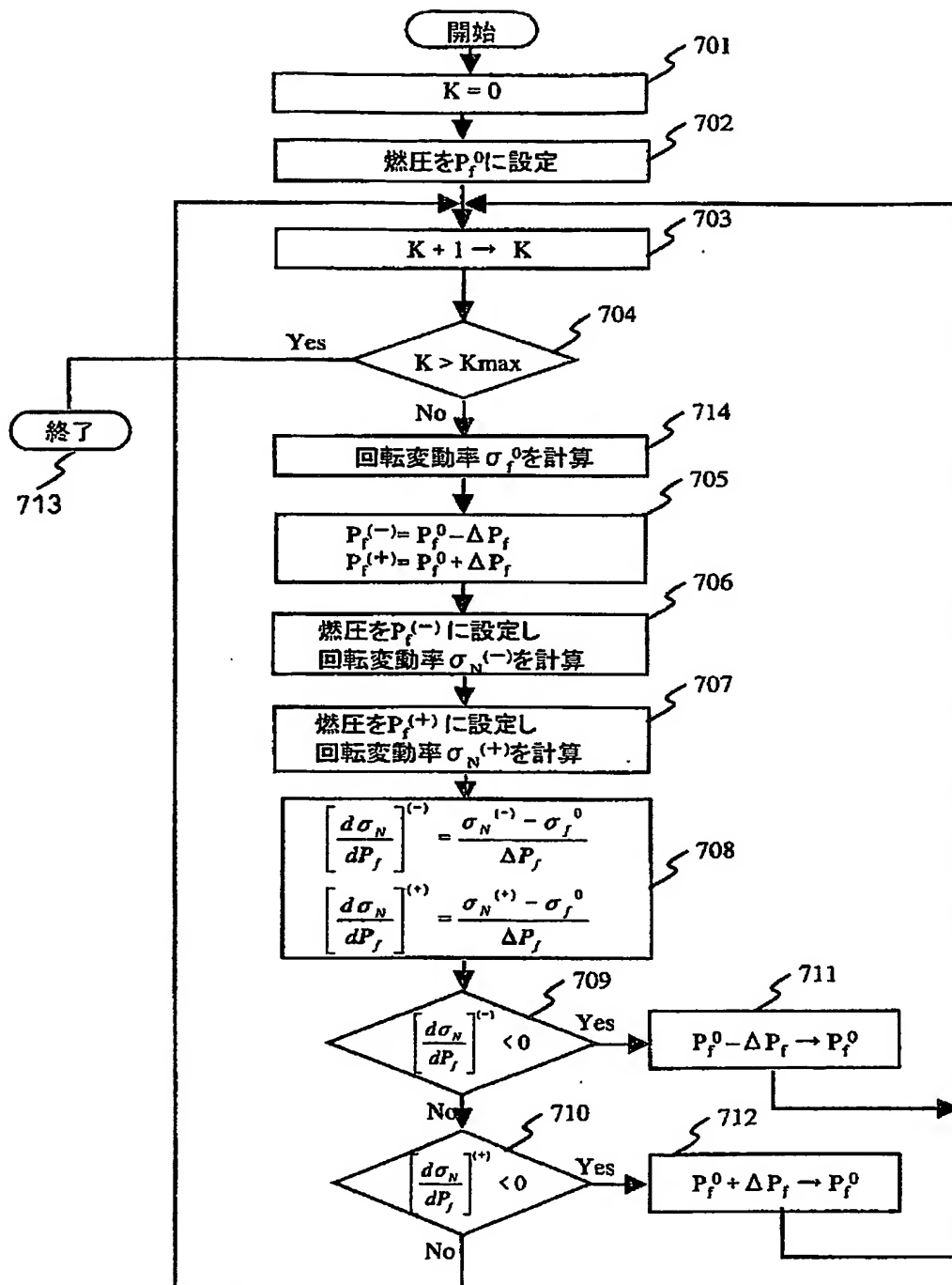


図 39

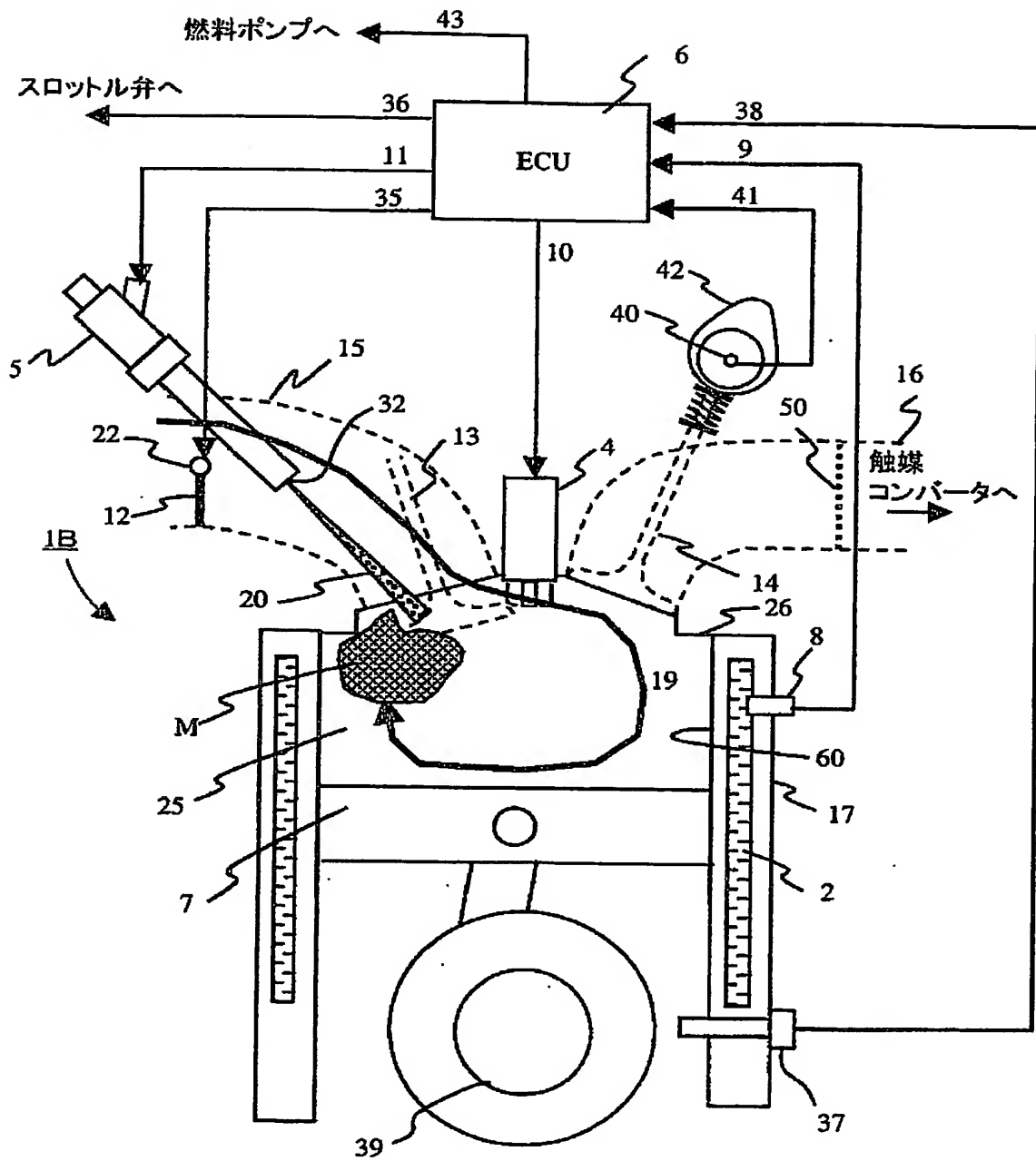


図 40

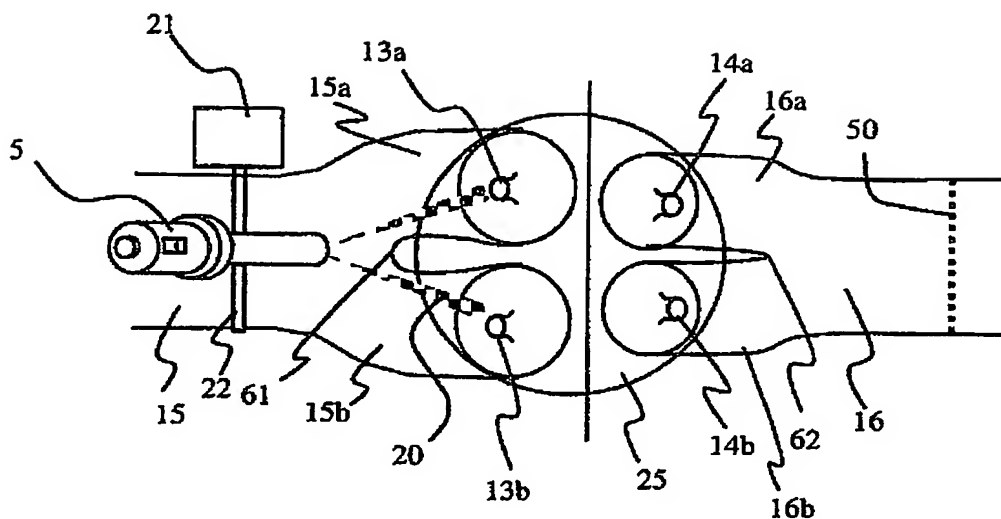


図 41

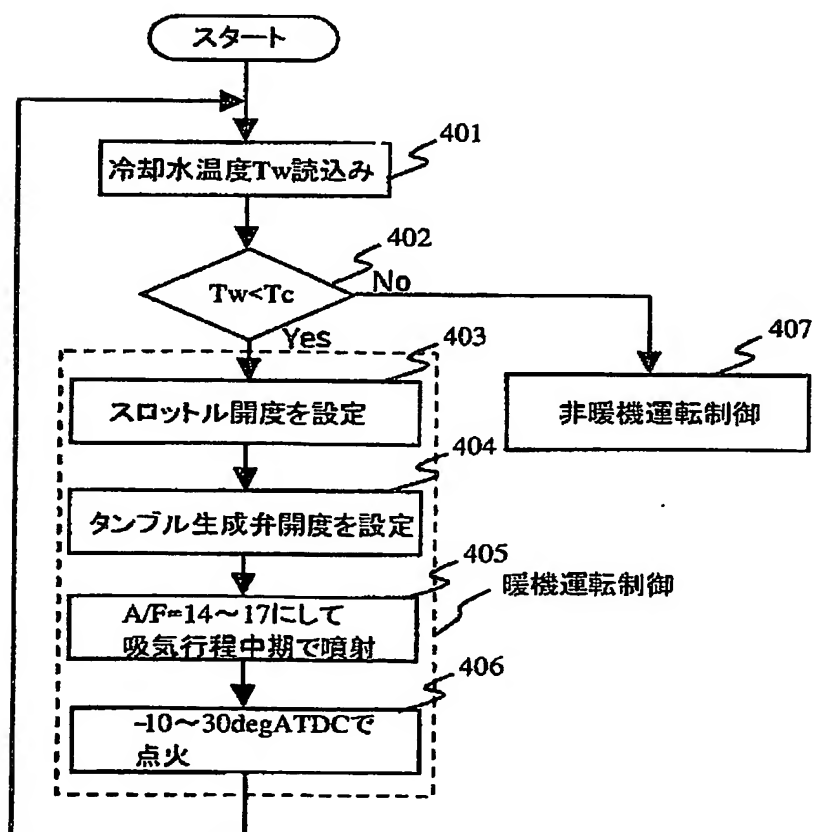




図 42

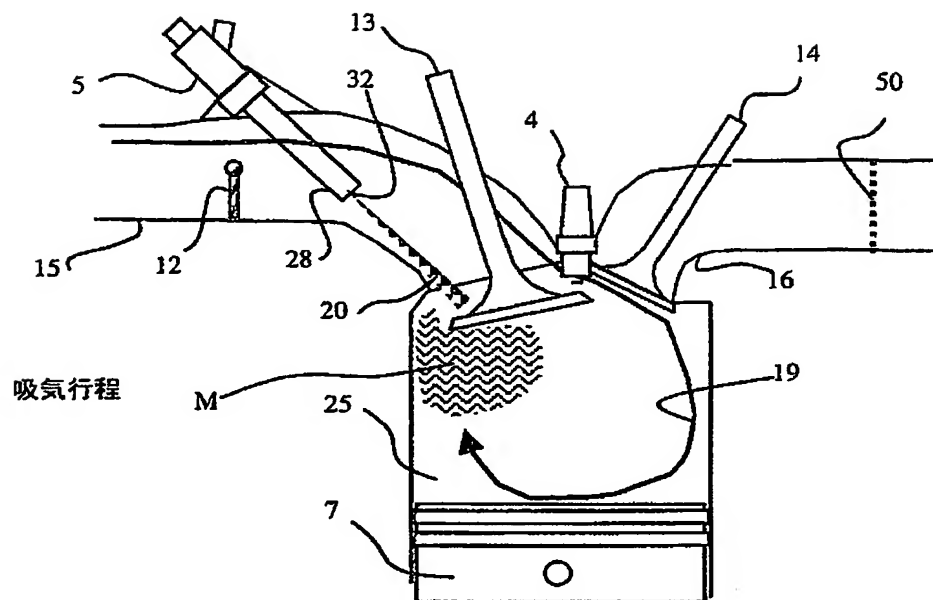


図 43

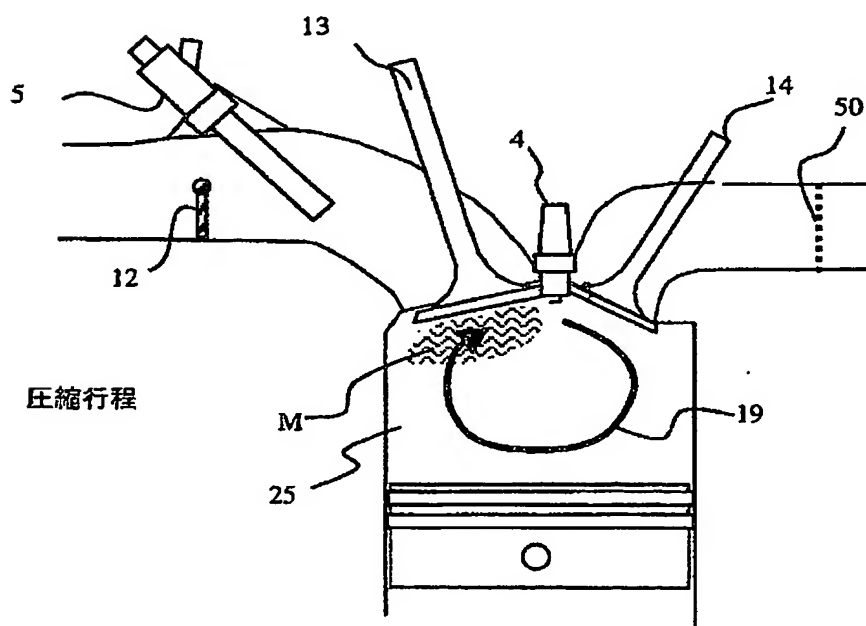


図 44

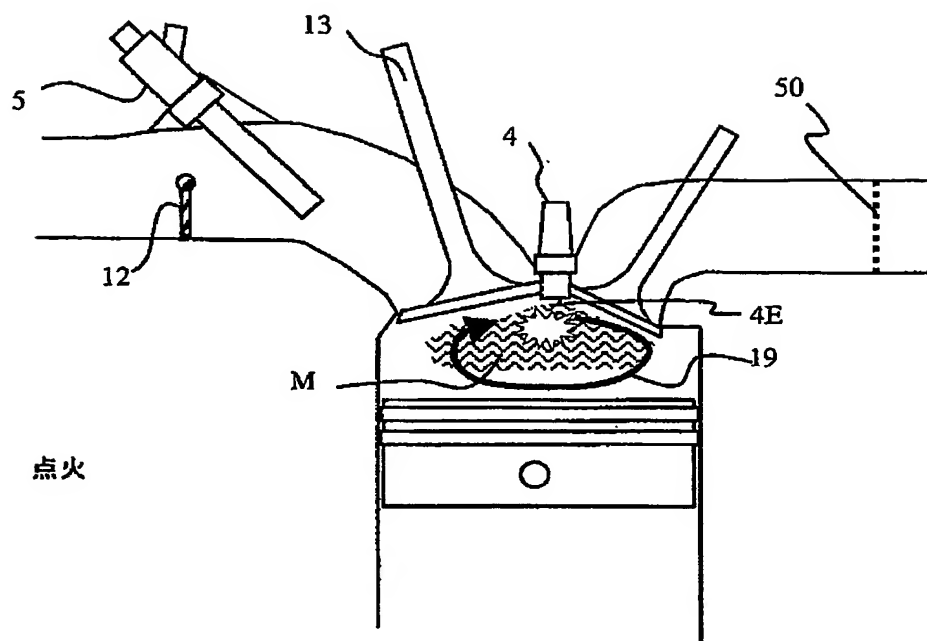


図 45

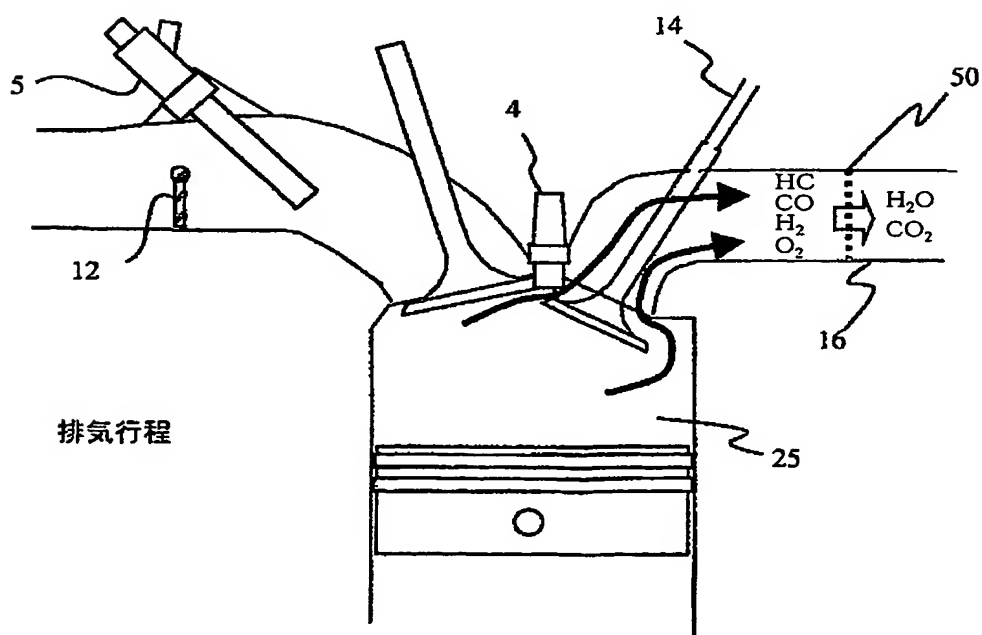


図 46

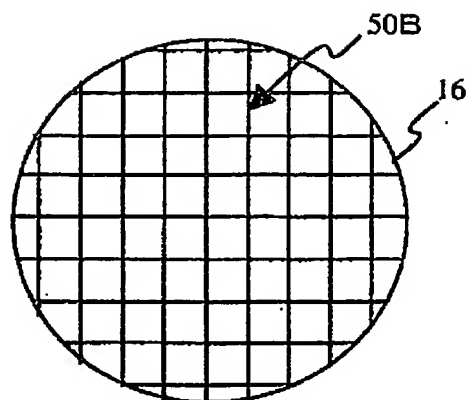


図 49

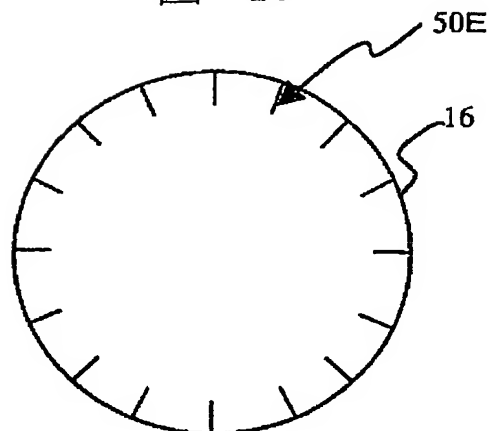


図 47

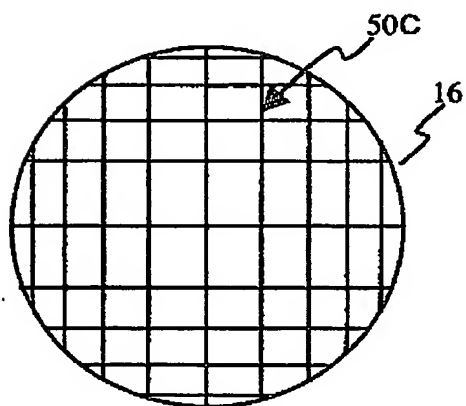


図 50

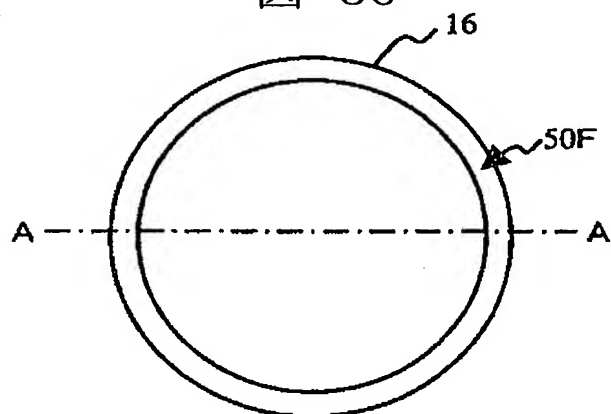


図 48

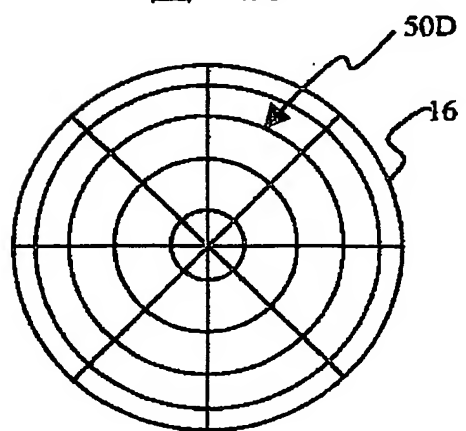


図 51

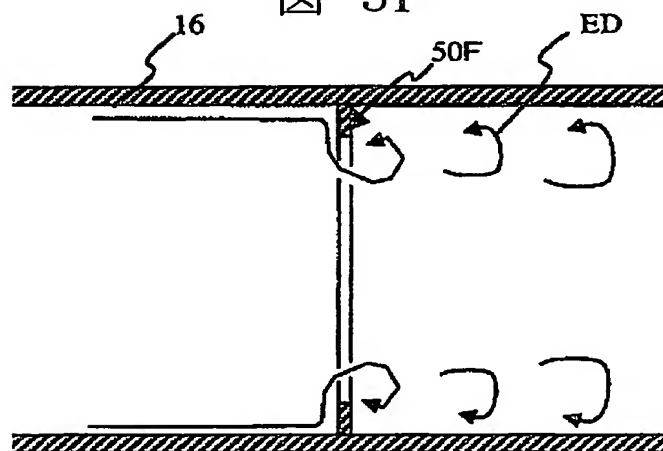


図 52

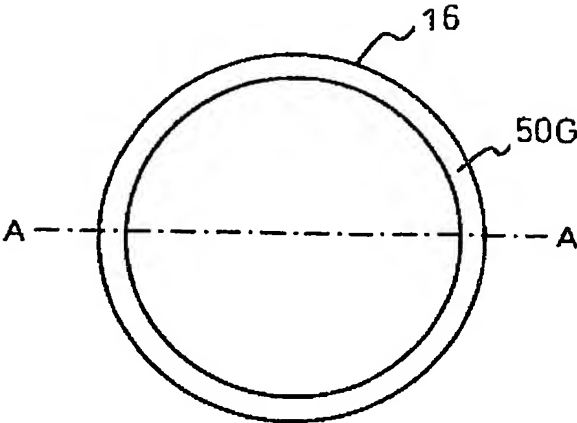


図 53

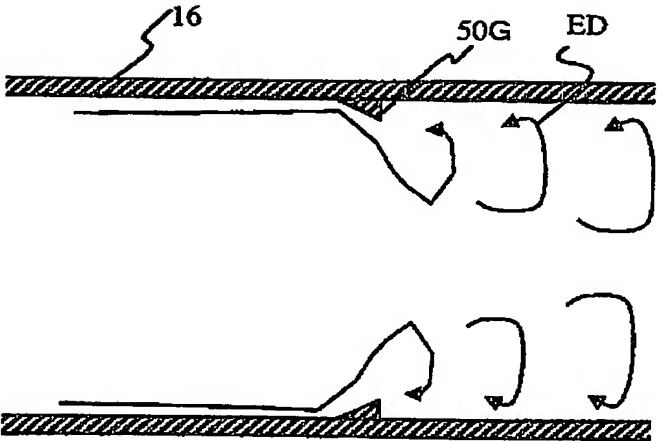


図 54

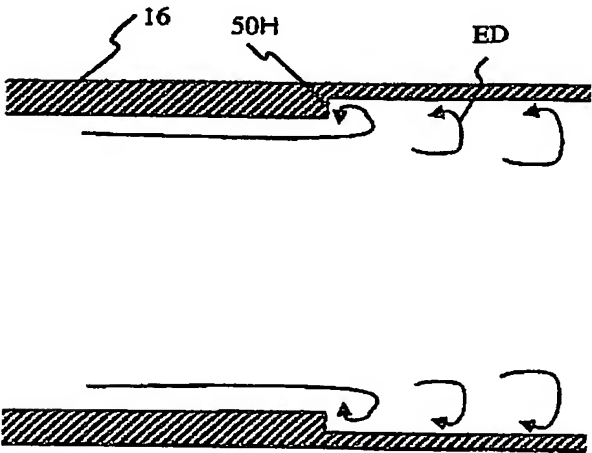


図 55

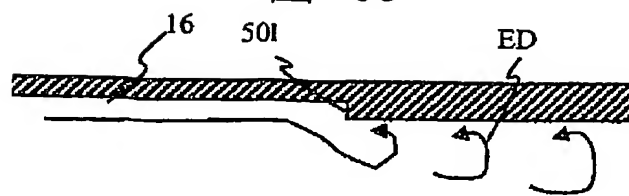


図 56

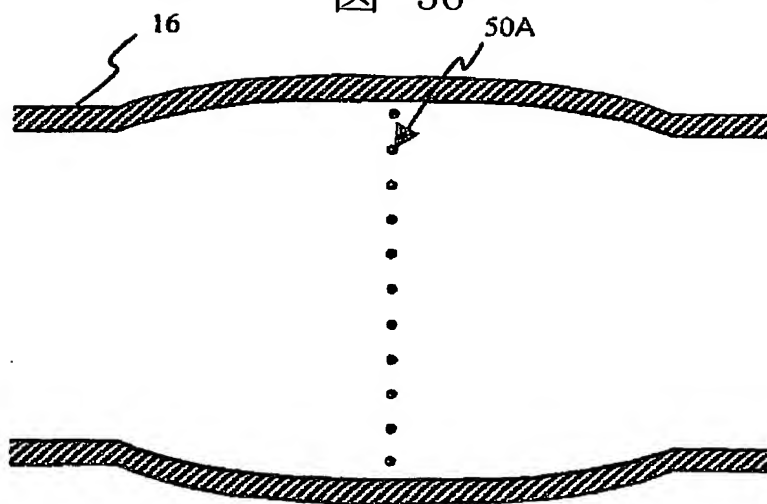


図 57

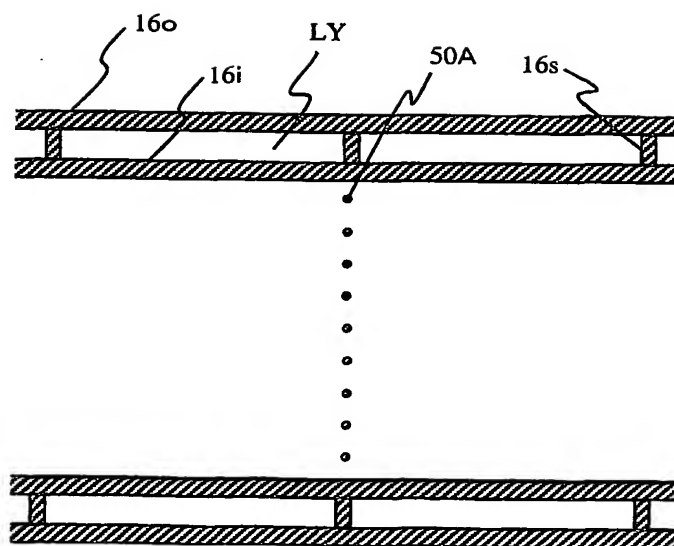


図 58

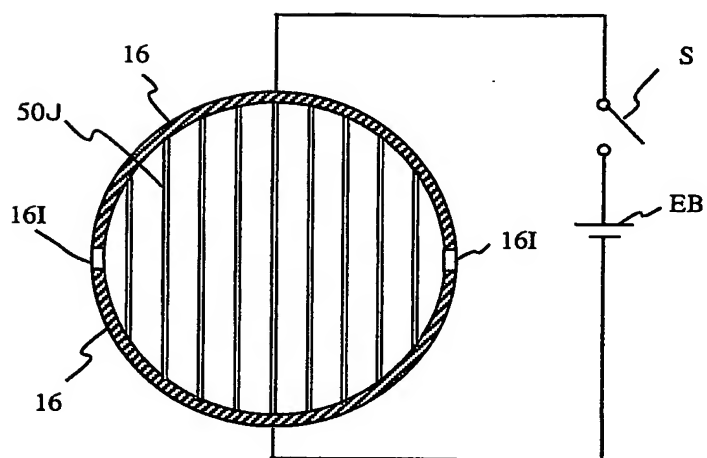


図 59

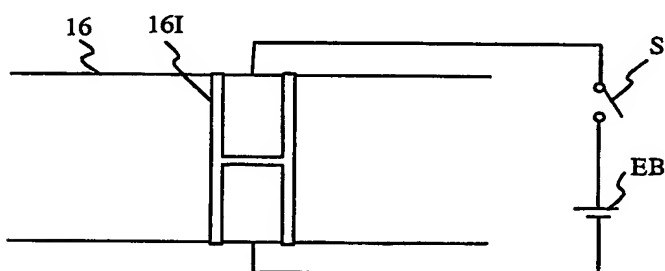


図 60

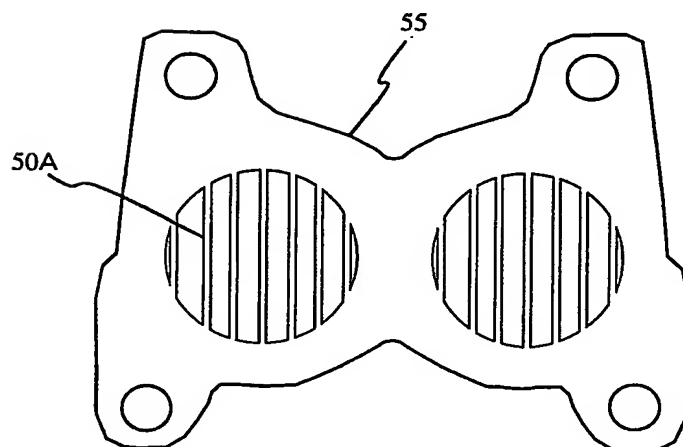


図 61

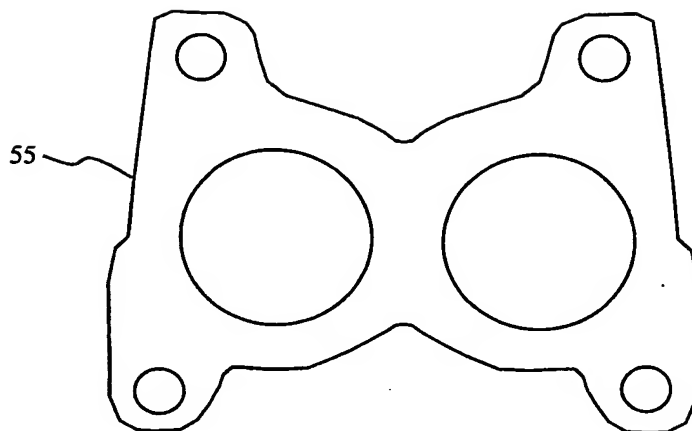


図 62

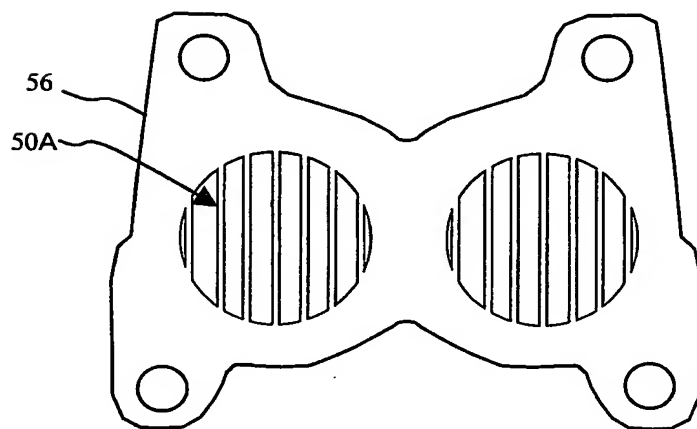


図 63

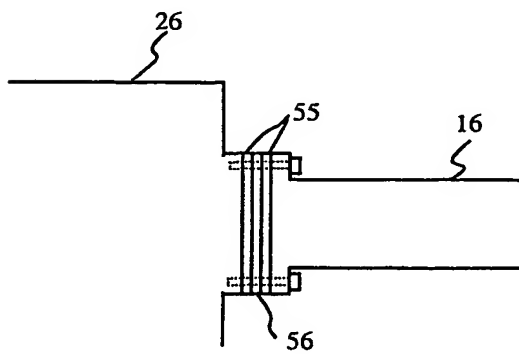


図 64

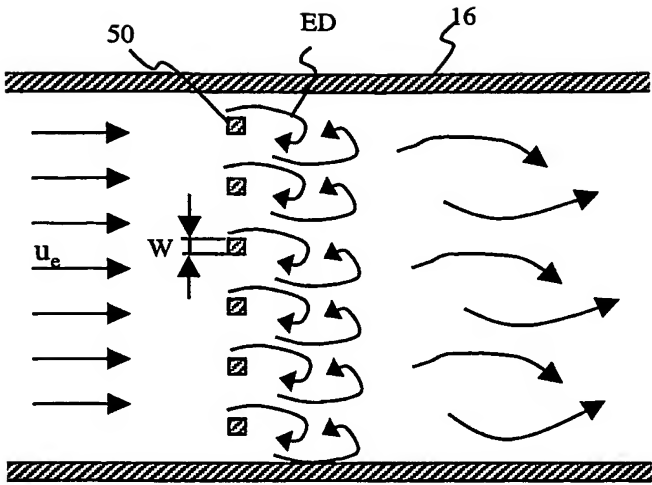


図 68

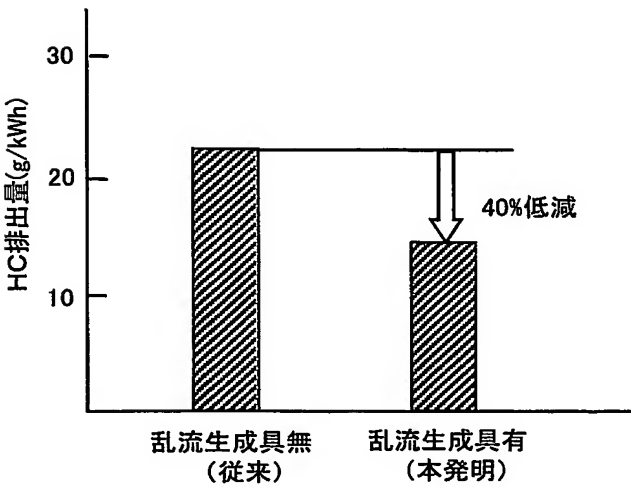


図 69

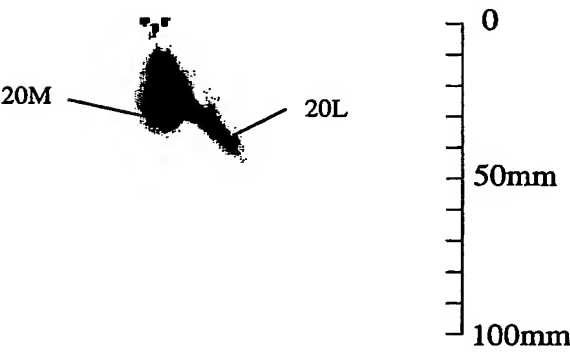




図 65

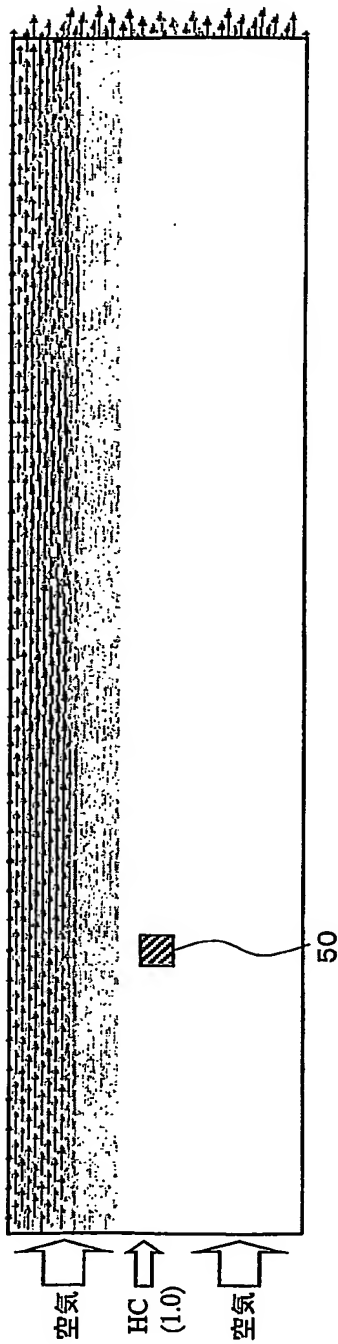


図 66

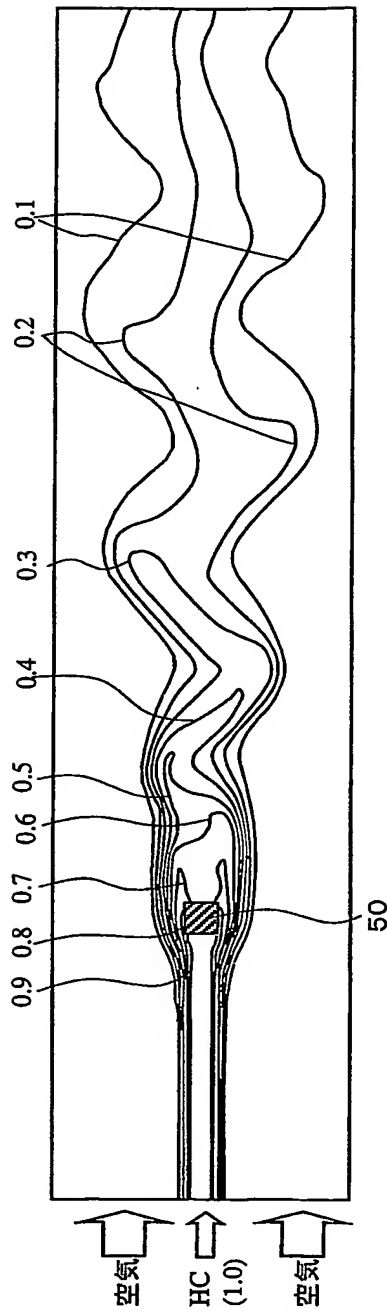


図 67

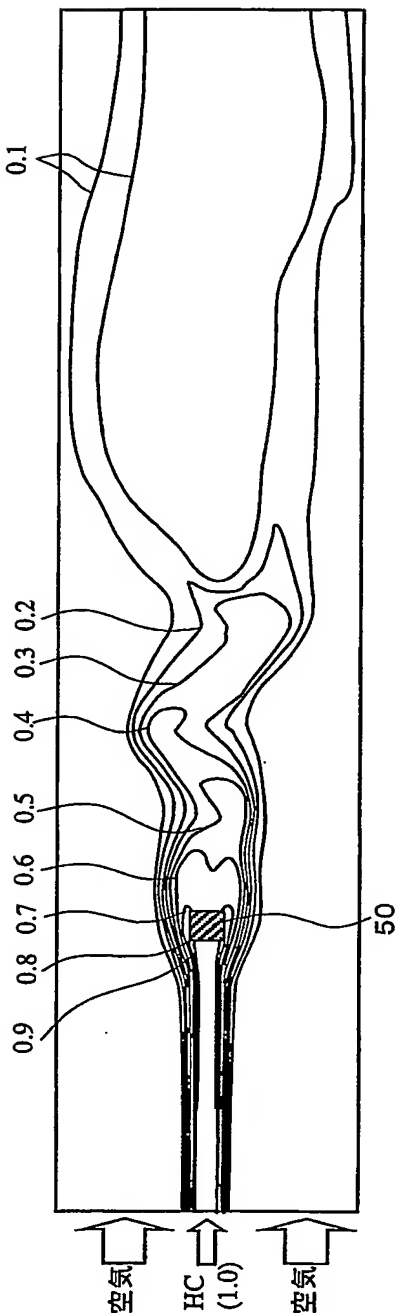


図 70

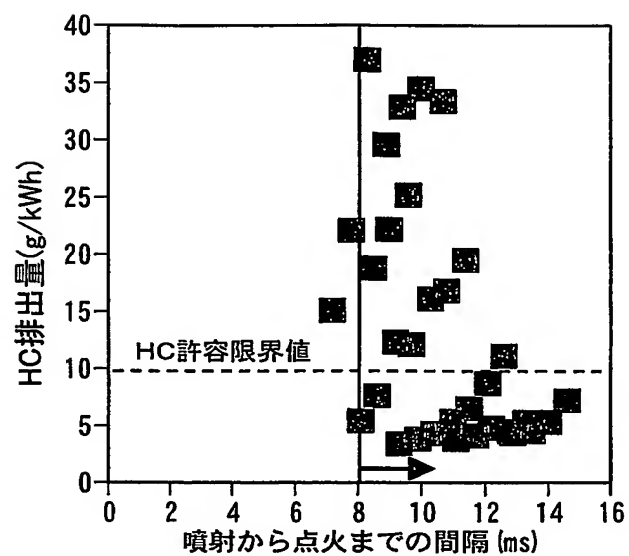
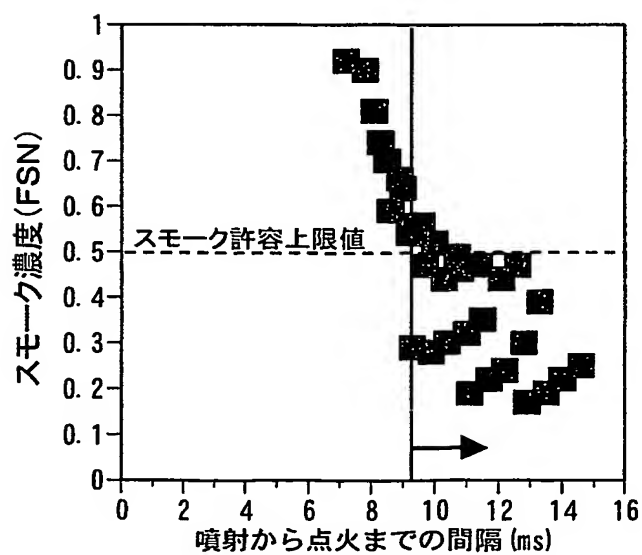


図 71



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/10374

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> F02P5/15, F02D43/00, F02D41/02, F02D41/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> F02P5/15, F02D43/00, F02D41/02, F02D41/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-214235 A (Mazda Motor Corp.), 30 July, 2003 (30.07.03), Claims; Par. Nos. [0063], [0064] (Family: none)	1-6, 8, 10-18, 20, 21, 24-28, 30, 34-36
Y	JP 2003-83128 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 19 March, 2003 (19.03.03), Claims (Family: none)	2, 3, 5, 6, 8, 10-12, 26-28, 30, 31
Y	JP 2003-193841 A (Hitachi, Ltd.), 09 July, 2003 (09.07.03), Claims; Par. No. [0031] & EP 000719937 A2	5, 6, 8, 30

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 04 September, 2003 (04.09.03)	Date of mailing of the international search report 24 September, 2003 (24.09.03)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/10374

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 8-232645 A (Mazda Motor Corp.), 10 September, 1996 (10.09.96), Claims; Par. No. [0132] (Family: none)	8
Y	JP 9-125944 A (Toyota Motor Corp.), 13 May, 1997 (13.05.97), Claims; Fig. 6 (Family: none)	16
Y	JP 11-166410 A (Hino Motors, Ltd.), 22 June, 1999 (22.06.99), Claims; Fig. 2 (Family: none)	17, 24, 25
Y	JP 8-1193 U (Nippon Steel Corp.), 30 July, 1996 (30.07.96), Figs. 1, 2 (Family: none)	18
Y	JP 7-197808 A (Toyota Motor Corp.), 01 August, 1995 (01.08.95), Fig. 1; Par. Nos. [0015], [0019] & US 005582803 A	20, 24
Y	JP 7-83043 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 28 March, 1995 (28.03.95), Claims (Family: none)	21

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. <sup>7</sup> F02P5/15, F02D43/00, F02D41/02, F02D41/04

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. <sup>7</sup> F02P5/15, F02D43/00, F02D41/02, F02D41/04

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2003-214235 A (マツダ株式会社) 2003. 07. 30, 特許請求の範囲, 【0063】, 【0064】 (ファミ リリーなし)	1-6, 8, 10-18, 20, 21, 24-28, 30, 34- 36
Y	JP 2003-83128 A (日産自動車株式会社) 200 3. 03. 19, 特許請求の範囲 (ファミリリーなし)	2, 3, 5, 6, 8, 10 -12, 26 -28, 3

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

04.09.03

国際調査報告の発送日

24.09.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

所村 陽一

印

3G 9718

電話番号 03-3581-1101 内線 3355

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 2003-193841 A (株式会社日立製作所) 2003.07.09, 特許請求の範囲, 【0031】 & E P 000719937 A2	0, 31 5, 6, 8, 30
Y	J P 8-232645 A (マツダ株式会社) 1996.09.10, 特許請求の範囲, 【0132】 (ファミリーなし)	8
Y	J P 9-125944 A (トヨタ自動車株式会社) 1997.05.13, 特許請求の範囲, 図6 (ファミリーなし)	16
Y	J P 11-166410 A (日野自動車工業株式会社) 1999.06.22, 特許請求の範囲, 図2 (ファミリーなし)	17, 24, 25
Y	J P 8-1193 U (新日本製鐵株式会社) 1996.07.30, 図1, 2 (ファミリーなし)	18
Y	J P 7-197808 A (トヨタ自動車株式会社) 1995.08.01, 図1, 【0015】, 【0019】 & U S 005582803 A	20, 24
Y	J P 7-83043 A (日産自動車株式会社) 1995.03.28, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	21